MARINE BIOLOGICAL LABORATORY
WOODS HOLE
LIBRARY
MASS.

Revue générale
des Sciences
pures et appliquées

TOME TRENTE ET UNIÈME

0746

Revue générale des Sciences pures et appliquées

PARAISSANT LE 15 ET LE 30 DE CHAQUE MOIS

FONDATEUR : **Louis OLIVIER**, DOCTEUR ÈS SCIENCES

Directeur : **J.-P. LANGLOIS**, Docteur ès Sciences, Chargé de cours à la Faculté de Médecine de Paris, Membre de l'Académie de Médecine.

COMITÉ DE RÉDACTION

MM. **Paul APPELL**, Membre de l'Institut, Recteur de l'Université de Paris; **E.-L. BOUVIER**, Membre de l'Institut, Professeur au Muséum d'Histoire naturelle; **E. DEMENGE**, Ingénieur civil; **E. GLEY**, Professeur au Collège de France; **Ch.-Ed. GUILLAUME**, Correspondant de l'Institut; **A. HALLER**, Membre de l'Institut, Professeur à la Sorbonne; **E. HAUG**, Membre de l'Institut, Professeur à la Sorbonne; **L. MANGIN**, Membre de l'Institut, Professeur au Muséum d'Histoire naturelle; Vice-Amiral **PHILIBERT**; **Em. PICARD**, Membre de l'Institut, Professeur à la Sorbonne.

Secrétaire de la Rédaction : LOUIS BRUNET.

TOME TRENTE ET UNIÈME

1920

AVEC NOMBREUSES FIGURES ORIGINALES DANS LE TEXTE

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY
WOODS HOLE
LIBRARY
MASS.

PARIS
Gaston DOIN, Editeur
8, place de l'Odéon, 8

1920

PUBLIC LIBRARY
FOR DISTRICT OF COLUMBIA

31e ANNÉE N° 1 15 JANVIER 1920

Revue générale des Sciences pures et appliquées

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY WOODS HOLE LIBRARY MASS.

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences, de l'Académie de Médecine

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Chimie physique

L'analyse des éléments par les rayons positifs et l'existence de formes isotopes du néon et du chlore. — Il y a une dizaine d'années, Sir J. J. Thomson a fait connaître une méthode d'analyse des gaz basée sur la déviation, par des champs électrique et magnétiques, des rayons positifs engendrés au sein de ceux-ci. Les « spectres » de rayons positifs ainsi obtenus se composent d'une série de courbes dont chacune correspond à un « porteur de charge » ou atome différent, et la mesure de ces courbes permet de déduire le poids atomique du porteur[1].

Au cours de l'année 1913, l'auteur a appliqué cette méthode à l'étude du néon, gaz de l'air de poids atomique 20,2 (pour O = 16), et il a reconnu que celui-ci est constitué par un mélange de deux isotopes de poids atomiques 20 et 22, dont le second a été appelé *métanéon*. Les essais de séparation du néon et du métanéon par distillation fractionnée n'ayant donné aucun résultat, cette conclusion avait été mise en doute. M. F. W. Aston a depuis lors élaboré, au Laboratoire du Prof. Thomson, à Cambridge, une méthode nouvelle et beaucoup plus puissante d'analyse par les rayons positifs. D'après une lettre de cet auteur au journal anglais *Nature*[2], l'application de la méthode au néon aurait pleinement confirmé les premiers résultats de sir J. J. Thomson et établi définitivement l'existence des deux isotopes de poids atomiques 20 et 22.

Mais M. Aston ne s'est pas borné à appliquer au seul néon les puissants moyens d'investigation dont il dispose maintenant; il a examiné encore avec son nouveau spectrographe à rayons positifs l'oxygène, le méthane, l'oxyde de carbone, l'anhydride carbonique, l'acide chlorhydrique, le phosgène et le mercure[3].

Le carbone et l'oxygène apparaissent comme des éléments parfaitement purs, mais le chlore et le mercure se sont comportés indubitablement comme des mélanges. Le spectre du chlore prouve qu'il est constitué par deux isotopes au moins, de poids atomiques 35 et 37. Leur nature élémentaire est confirmée par l'existence de lignes correspondant à des charges doubles à 17,50 et 18,50, par des lignes correspondant à deux composés HCl à 36 et 38, et enfin, dans le cas du phosgène COCl, par des lignes à 63 et 65. Dans chacune de ces paires, la ligne correspondant à la masse la plus faible a une intensité 3 ou 4 fois plus forte.

Le mercure, d'autre part, paraît être un mélange de 3 à 4 isotopes groupés dans la région correspondant à la valeur 200; mais de nouvelles mesures sont nécessaires pour en déterminer exactement le poids atomique.

Si ces résultats sont bien exacts, ils présentent un grand intérêt au point de vue théorique. Le néon et le chlore étaient en effet deux des principales exceptions à la règle d'après laquelle les poids atomiques doivent être des nombres entiers. Leur résolution en deux isotopes de poids atomiques 20 et 22, 35 et 37 les ferait rentrer dans la loi générale.

Sur la possibilité de séparer les isotopes. — Les recherches résumées ci-dessus ramènent l'attention sur la question controversée de savoir s'il est possible de séparer les isotopes.

MM. F. A. Lindeman et F. W. Aston[1], en partant de considérations théoriques, ont récemment répondu par l'affirmative. Toutefois, en examinant les méthodes susceptibles d'être employées, ils arrivent à la conclusion que les procédés de séparation basés sur l'utilisation de la pesanteur, de la force centrifuge et de l'électricité ne promettent guère de succès, tandis que les difficultés techniques de la distillation et de la diffusion fractionnées semblent pouvoir être surmontées.

S. Chapman et F. W. Dootson[2] ont suggéré, d'autre

1. SIR J. J. THOMSON : L'analyse chimique par les rayons positifs. *Rev. gén. des Sc.* du 30 sept. 1911, t. XXII, p. 714-719.
2. *Nature* du 27 nov. 1919, p. 334.
3. *Nature* du 18 déc. 1919, p. 393.

1. *Philosophical Magazine*, mai et juillet 1919.
2. *Ibid.*

part, dans le même but, une nouvelle méthode de diffusion thermique. Lorsque deux gaz sont renfermés dans deux vases communicants, puis l'un chauffé et l'autre refroidi, le gaz le plus lourd doit tendre à se mouvoir vers le vase le plus froid, et le gaz le plus léger en direction opposée. Les auteurs ont prouvé qu'il en est bien ainsi par des expériences sur des mélanges d'H et de CO ou de SO^2. Dans ces cas, la différence de masse des molécules est grande. Mais lorsqu'il s'agit, par exemple, de dédoubler le néon en ses deux constituants hypothétiques de poids atomiques 20 et 22, la différence d'où dépend la diffusion thermique est beaucoup plus faible. En supposant qu'un des vases soit maintenu à 80° et l'autre porté à 800° C. absolus et que les deux gaz soient présents en égale proportion, l'équilibre s'établira dans le vase froid lorsque le rapport 50 : 50 sera devenu 48,9 : 51,1, et il est possible de discerner une séparation de cet ordre.

Rappelons qu'Aston a essayé vainement pendant plusieurs années de séparer le néon en ses constituants par la diffusion ordinaire au moyen d'un appareil spécial de son invention.

A propos du poids atomique du plomb-radium. — La *Revue générale des Sciences* a publié [1] une courte note de M. de Montessus de Ballore, au sujet de la valeur la plus probable du poids atomique du plomb-radium, valeur obtenue par « la discussion, dans les formes mathématiques ordinaires, des déterminations récentes de ce poids atomique ».

Je ne crois pas que les physiciens fassent encore usage des théories mathématiques rappelées par M. de Montessus. La vieille théorie de Gauss, même modernisée, est toujours impuissante à nous fournir un renseignement quelconque sur la valeur exacte d'une mesure déduite d'une série d'observations. L'impossibilité d'un calcul correct sur l'erreur réellement commise enlève tout caractère objectif particulier à la moyenne arithmétique des nombres de la série. Ni le calcul, ni le raisonnement, ne confèrent à cette moyenne une qualité nouvelle. Je l'ai montré par ailleurs [2].

Les expériences, conduites avec le plus grand soin, présentent une précision suffisante pour permettre aux spécialistes des questions de radioactivité de conclure « que le plomb extrait des minéraux d'uranium a toujours un poids atomique plus faible que celui du plomb ordinaire, tandis que le plomb des minéraux de thorium a un poids atomique plus élevé. La seule interprétation possible de ces importants résultats consiste à admettre que le produit final de désintégration de l'uranium et du thorium est le plomb, mais du plomb de poids atomique variable suivant son origine. Le plomb des minéraux radioactifs est donc un mélange en proportions arbitraires de plomb ordinaire (poids atomique 207,2) et de plomb d'uranium (p. at. 206) ou de plomb de thorium (p. at 208)... Ces dernières variétés de plomb sont chimiquement identiques, ce sont des variétés isotopes [3] ».

L. Genillon,
Professeur au Lycée Carnot.

§ 2. — Chimie minérale

Action de l'acide carbonique sur les sulfures. — M. E. A. Letts et Mlle F. W. Rea [4], au cours d'une étude chimique sur les dépôts de vase fétide, ont été amenés à faire quelques recherches relativement à l'action des solutions d'acide carbonique sur les sulfures, dont les résultats intéressent à la fois les chimistes et les géologues.

On admet depuis longtemps que les sulfates peuvent être réduits en sulfures par l'action de la matière organique, et cela, d'après Beyerinck et van Delden, sous l'influence de microbes spécifiques, tels que le *Microspira desulphuricans* dans l'eau douce et le *M. estuarii* dans l'eau salée.

Letts et Read ont constaté, de leur côté, qu'un courant d'acide carbonique, passant dans une solution de sulfure de sodium, produit un dégagement rapide d'hydrogène sulfuré, tout le sel de sodium se transformant finalement en sulfate de sodium. Le sulfure de calcium est décomposé dans la proportion d'environ 50 %, avec formation de bicarbonate soluble. Le sulfure ferreux fraîchement précipité est lentement décomposé par l'acide carbonique, le résultat final étant la production de bicarbonate ferreux soluble.

Les sulfures produits dans les eaux sous l'influence microbienne doivent donc être plus ou moins rapidement transformés par l'action de l'acide carbonique qu'elles renferment.

§ 3. — Chimie biologique

L'Hemocyanine. — En 1878, Léon Fredericq avait fait une très intéressante étude sur une substance bleuâtre contenue dans le sang du Poulpe et de quelques autres Invertébrés; il en avait montré le rôle respiratoire, c'est-à-dire fixateur et convoyeur d'oxygène : cette substance, qu'il avait appelée hémocyanine ou plus exactement oxyhémocyanine, étant pour les Invertébrés qui la possèdent ce que l'hémoglobine est pour les Vertébrés.

Depuis cette époque, d'assez nombreuses recherches de nature zoologique, chimique ou physiologique ont été poursuivies sur cette remarquable substance; mais ces recherches n'étaient pas coordonnées et méthodiques, et les résultats, d'ailleurs très partiels, n'étaient pas concordants.

M. Dhéré a repris cette étude : il en a publié les premiers résultats en deux mémoires [1], qui sont incontestablement des modèles de documentation judicieuse, de critique avisée, de précision remarquable, de clarté toute latine, et dont la lecture attentive est à recommander à ceux qui se proposent d'écrire des œuvres scientifiques enfin débarrassées de tous ces défauts qu'on avait empruntés à des savants d'outre-frontières.

Le sang des Vertébrés est ferrugineux, comme on sait, le fer faisant partie de la molécule d'hémoglobine; le sang des Invertébrés à hémocyanine est cuprique, le cuivre faisant partie de la molécule d'hémocyanine. Chez les Mollusques Céphalopodes (*Octopus* et *Sepia*), la quantité de cuivre contenue dans 100 cm^3 de sang est de 23 à 24 mgr. ; — chez le Mollusque Gastéropode *Helix pomatia*, elle est de 7,5 mgr. ; — chez les Crustacés *Palinurus*, *Homarus*, elle est de 10 mgr. ; chez le Crustacé *Maja*, elle tombe à 3,5 mgr.

La capacité respiratoire, c'est-à-dire la richesse en oxygène du sang des animaux à hémocyanine, est toujours plus considérable que celle du milieu ambiant, parfois même beaucoup plus considérable, et déjà à un examen sommaire d'autant plus considérable que plus grande est la quantité de cuivre du sang.

Enfin, si l'on calcule le rapport du poids d'oxygène combiné au poids de cuivre correspondant à un même volume de sang, on trouve un nombre sensiblement constant, ou plus exactement deux séries de nombres, différant selon qu'il s'agit de Mollusques ou de Crustacés, mais sensiblement constants dans chaque série. N'est-ce pas là la preuve que l'hémocyanine, ou les hémocyanines jouent chez les Invertébrés qui en renferment le rôle de fixateurs, condensateurs et convoyeurs d'oxygène, qui est celui que possèdent les hémoglobines chez les Vertébrés.

---

1. N° du 15 décembre 1919, page 673.
2. *La Revue de l'Enseignement des Sciences*, n° de janvier-février 1919.
3. Fr. Soddy : Le Radium (1919), p. 340. (*Nouvelle Collection scientifique.*)
4. *Proc. Royal Dublin Soc.*, t. XV, p. 171.

1. *Journal de Physiol. et de Pathol. gén.*, t. XVI, p. 985, et t. XVIII, p. 221.

§ 4. — Géologie

Les variations d'équilibre de la lithosphère. — Le niveau de la mer partage actuellement la surface de l'écorce terrestre en deux parties distinctes : d'une part le substratum continental, d'autre part le substratum marin. Les agents atmosphériques et la gravité travaillent sans cesse à diminuer la dénivellation qui les sépare. Si la lithosphère était définitivement stable, on verrait peu à peu, du fait de cette diminution, le substratum continental s'user, s'abaisser et se décharger (érosion), et le substratum marin se combler, s'élever et se surcharger (alluvionnement). La lithosphère et même l'hydrosphère tendraient dans ce cas à la forme elliptique, la mer gagnerait sans cesse sur les continents, et sa périphérie abandonnerait sur ses rives successives des « fronts de mer » ou terrasses marines *qui seraient d'autant plus élevées qu'elles seraient plus récentes.*

Or l'étude des terrasses quaternaires, marines ou fluviales, montre *qu'elles sont d'autant plus élevées qu'elles sont plus anciennes.* Il en résulte que la lithosphère est instable. D'autre part, l'étude de la nappe de remblaiement qui sépare deux terrasses consécutives impose à son tour une phase de stabilité, pendant laquelle le substratum marin se comble aux dépens du substratum continental.

Cela étant admis, il est logique de rechercher si les variations de masse de la lithosphère provenant de l'érosion et de l'alluvionnement ne jouent pas un rôle dans cette alternance de stabilité et d'instabilité. M. Zeil[1] vient de donner à cette question une solution qu'il nous paraît intéressant de signaler, d'autant plus qu'elle est confirmée par la discussion des anomalies de la pesanteur.

Pendant la phase de remblaiement, le substratum marin se comble peu à peu par l'apport des matériaux alluvionnaires et le niveau de la mer s'élève. De ce fait, elle élève le niveau d'arrivée des fleuves dont le courant diminue et dont le lit se colmate plus ou moins d'alluvions fluviatiles (nappe de remblaiement des auteurs). D'autre part, l'usure des hauts sommets continentaux et l'élévation du niveau marin diminuant l'altitude géographique de ces sommets, on verra leur température moyenne augmenter, et les glaciers qui les recouvraient diminuer d'étendue ou même disparaître : c'est la phase interglaciaire des géologues.

Mais bientôt la surcharge du substratum marin et la décharge du substratum continental l'emportant sur la cohésion tangentielle due à la sphéricité de l'écorce, le substratum marin s'abaisse et le substratum continental s'élève plus ou moins brusquement. D'où les mouvements épirogéniques depuis longtemps signalés par les géographes et les géologues.

De ces mouvements ascensionnels antagonistes, il résulte que la mer, qui fait corps avec son support, va s'abaisser avec lui, en abandonnant sur les bords des continents soulevés des laisses de mer, ou terrasses marines, dont l'altitude géographique nouvelle sera égale à la somme des deux ascensions antagonistes.

Après ce rééquilibre, les fleuves soulevés par rapport au niveau marin abaissé vont présenter des embouchures suspendues et vont, sous forme de torrents, surcreuser leur lit d'aval en amont; peu à peu, ils s'enfonceront dans la nappe de remblaiement récemment déposée, et laisseront de part et d'autre de leur lit des résidus de nappes, ou terrasses fluviales, qui se raccorderont avec les terrasses marines abandonnées par la mer descendue. Enfin, les hauts sommets continentaux, surélevés par rapport au nouveau niveau marin, verront diminuer leur température moyenne et se recouvriront plus ou moins de glaciers ; c'est la phase d'extension glaciaire des géologues.

Avec l'achèvement du rééquilibre, ou mieux du réajustement, se produit le maximum de rajeunissement du relief, auquel succède immédiatement le début de la phase de stabilité suivante, ou mieux la phase de faux équilibre. *C'est donc par une succession de réajustements séparés par des phases de faux équilibre qu'évolue lentement l'écorce terrestre.*

Avec de nombreux auteurs, M. Zeil admet qu'actuellement le niveau marin s'élève et que la température moyenne de la Terre augmente séculairement ; c'est dire que la Terre est en phase de faux équilibre. C'est dire également que son substratum continental déchargé *ne pèse pas assez* par rapport à l'altitude qu'il possède, et qu'inversement son substratum marin *pèse trop* par rapport à son altitude effective. Le premier est *sous-imposé*, le second *sur-imposé*.

Cette manière de voir est confirmée par les mesures de la pesanteur qui ont été faites tant sur mer que sur terre; on sait, en effet, que la gravité présente un excès sur les mers, alors qu'elle est en défaut sur les continents. Dans un avenir prochain, quand le réajustement se produira, les géodésiens constateront l'uniformité de la gravité sur terre et sur mer.

Cette façon de concevoir l'équilibre lithosphérique ouvre des horizons nouveaux sur de nombreuses questions à la fois géologiques et astrophysiques.

1. *C. r. Acad. Sc.*, t. CLXIX, p. 1406; 29 déc. 1919.

§ 5. — Biologie

La production de leucocytes dans des cultures « in vitro » de fragments de rate. — Metchnikoff a établi que l'inoculation de microbes pathogènes à un animal vivant provoque, dans la plupart des cas, l'apparition d'une leucocytose (en grande majorité polynucléaire) dans la circulation générale de l'individu infecté. Mais les phénomènes qui se manifestent entre le moment de l'inoculation microbienne et celui de l'apparition de nombreux leucocytes nouveaux dans le sang sont encore presque complètement inconnus.

Deux questions se posent, en effet : 1° Au niveau de quels organes l'influence du microbe agit-elle pour exciter la prolifération des éléments producteurs de leucocytes? 2° Quelle est la nature de l'excitation qui agit sur l'organe hémopoïétique et déclanche les phénomènes de multiplication leucocytaire?

A la première, Ehrlich et son Ecole ont répondu en distinguant deux catégories d'organes formateurs : les lymphoïdes (ganglions lymphatiques et rate) et les myéloïdes (moelle osseuse); mais Dominici a montré la présence de foyers d'éléments myéloïdes dans la rate de lapins adultes atteints de septicémie éberthienne.

Des travaux de J. P. Gay et Edith Claypole, sur l'injection de bacilles typhiques vivants à des lapins neufs et immunisés, ont apporté une contribution à la solution du second problème en montrant que le sérum immunisant prend activement part à l'excitation multiplicatrice des leucocytes.

Pour déterminer d'une façon aussi rigoureuse que possible le lieu d'élaboration de la leucocytose que provoque le bacille typhique, M. Maurice de Laet[1] a cru devoir utiliser une méthode expérimentale d'acquisition récente, celle des cultures *in vitro* de A. Carrel[2].

Un cobaye de 300 à 500 gr. reçoit dans la jugulaire interne une injection de 1 cm³ d'une émulsion de bacilles typhiques morts. 24 h. après cette injection, l'animal est sacrifié et on lui enlève la rate, qu'on répartit en tubes de culture, dans le milieu de Carrel ; les tubes sont ensuites portés à l'étuve à 38°. Un autre cobaye de même poids, non injecté, sert de témoin. Au bout de quelques jours, les deux préparations diffèrent nettement l'une de l'autre : les fragments de rate typhique s'entourent d'une zone blanche caractéristique qui va

1. *Ann. de l'Inst. Pasteur*, t. XXXIII, n° 11, p. 807-816; nov. 1919.

2. Chr. Champy : Le sort des tissus cultivés en dehors de l'organisme. *Rev. gén. des Sc.* du 15 nov. 1913, t. XXIV, p. 790.

en s'élargissant. L'examen au microscope de frottis de ces zones montre *une quantité énorme de leucocytes polynucléés* ressemblant véritablement à l'aspect d'une préparation de pus : un travail réactionnel considérable s'est passé dans le petit fragment en culture. Rien de semblable ne s'observe dans les cultures de rate de cobaye non injecté; seul le tissu conjonctif s'est considérablement développé, mais le milieu ambiant est dépourvu de tout élément figuré.

Une autre série d'expériences a consisté à cultiver une rate de cobaye normal en ajoutant au milieu de culture de l'émulsion typhique à la même concentration typhique que celle du sang de l'animal injecté; une rate normale, servant de témoin, a été cultivée sur un milieu sans toxine. Les deux cultures furent semblables : les leucocytes polynucléaires n'apparurent ni dans la première, ni dans la seconde; seule la prolifération conjonctive se manifesta.

Il est donc désormais hors de doute que, au cours d'une forte inoculation de bacilles d'Eberth, la rate est le siège d'une réaction très intense, qui met en liberté un nombre très considérable de leucocytes polynucléés. La quantité de ces éléments est telle, comparée aux dimensions du fragment dont ils sortent, qu'on ne saurait s'arrêter un instant à l'idée qu'ils y préexistent : la *prolifération* est un fait évident.

Mais les éléments souches de cette genèse appartiennent-ils aux éléments constitutifs de la rate ou sont-ils importés dans cet organe par le sang circulant? Pour élucider ce point, M. de Laet a cultivé simultanément des fragments de moelle osseuse et de ganglions lymphatiques des animaux injectés dont la rate lui a fourni la prolifération de polynucléés. Aucun de ces deux premiers tissus ne manifesta même l'ébauche d'une réaction semblable à celle du troisième. Seule, la rate réagit à l'intoxication éberthienne; c'est donc elle qui fournit, selon toute évidence, les éléments souches de la polynucléose expérimentale. Il y a là un fait dont pourront tirer parti les histologistes qui discutent l'origine unique ou double des globules blancs du sang.

La réaction de la rate répond-elle à l'excitation directe de la toxine typhique ou à d'autres facteurs intermédiaires créés par la présence de cette toxine dans le sang? Le second groupe d'expériences apporte à ce sujet quelques données : la toxine typhique ne détermine pas elle-même par son seul contact avec le tissu splénique cette formation de polynucléaires. Il existe donc, sans aucun doute, un *facteur intermédiaire* provoqué lui-même par l'introduction de l'émulsion bacillaire dans la circulation, mais sur la nature duquel il est impossible de dire davantage à l'heure actuelle.

Toutefois, on peut conclure que cette excitation doit se faire chez l'animal *vivant* et que, une fois opérée, elle ne nécessite plus la présence de l'excitant dans la rate, puisque, retirée de l'animal et cultivée sur un milieu à base de sérum normal, cette rate manifeste cependant une vive réaction.

§ 6. — Géographie et Colonisation

Le desséchement du Zuiderzee[1]. — Par une loi en date du 5 juillet 1918, le Gouvernement néerlandais a décidé d'annexer aux Pays-Bas une douzième province en fermant et desséchant le Zuiderzee. C'est dans la seconde moitié du XIVe siècle que ce golfe marin atteignit, par suite des empiétements graduels des hautes marées, sa plus grande extension. Il fut pendant longtemps la route maritime qui conduisait à Amsterdam. La navigation l'a abandonné par suite de l'augmentation croissante du tonnage des navires; il n'est plus guère aujourd'hui qu'une vaste pêcherie, occupant 5.000 personnes et une nombreuse flottille.

1. A. Demangeon : Le desséchement du Zuiderzee. *Annales de Géographie*, 15 septembre 1919. — *The Times Trade supplement*, 30 août 1919. C'est à ce périodique que nous empruntons la carte jointe.

L'idée de cette grande entreprise, qui constituera un des travaux les plus considérables de notre époque, remonte à la première moitié du XIXe siècle; c'était un projet de l'ingénieur Van Diggelen, destiné à attirer l'attention du Gouvernement. Depuis cette époque, de nouvelles études furent entreprises, des brochures de vulgarisation furent répandues, et, en 1886, se fondait le Zuiderzee Vereeniging, qui publiait toute une série de notes techniques sur les travaux à entreprendre et se chargeait en même temps d'une active propagande pour y intéresser l'opinion publique. Aussi bien, en 1894, un plan de desséchement était adopté officiellement et c'est lui que l'Etat va réaliser aujourd'hui.

Comme le montre la carte, on fermera le Zuiderzee du côté de la mer par une forte digue extérieure, et on procédera au desséchement de quatre territoires qu'on aura préalablement endigués; il restera ainsi à l'intérieur une étendue d'eau, l'Ysel meer, par laquelle

Fig. 1. — *Plan de desséchement du Zuiderzee.*

Amsterdam pourra communiquer avec Kampen, Enkhuizen, et avec les eaux frisonnes. Le coût des travaux est évalué à 500 millions de francs, et les territoires ainsi desséchés auront une étendue de 211.000 ha. pouvant recevoir une population de 250.000 habitants; chaque village possédera 2.500 hectares, et les terres seront louées à raison de 170 francs par hectare et par an, ce qui permettra de rémunérer le capital engagé à raison de 4 1/2 %. On pense avoir terminé la digue extérieure au bout de 9 ans, et le desséchement des quatre territoires aurait lieu respectivement au bout de 12, 15, 25 et 32 ans. On projette d'établir sur la digue extérieure une voie ferrée, une route et un tramway électrique, qui réduiront sensiblement les distances actuelles d'un bord à l'autre du Zuyderzee.

Les sondages entrepris en 1877 par le Dr Van Bemmelen ont montré que l'on obtiendra des terrains arables de première qualité sur les trois quarts du fond de mer desséché. D'autre part, la valeur des terres en bordure du Zuyderzee sera sensiblement améliorée par la disparition des eaux salées, de même que, par la réduction de la longueur des côtes marines, il en résultera pour l'Etat une moindre dépense dans les travaux de défense contre la mer. Le seul inconvénient proviendra de la suppression de la pêche, qui diminuera simplement d'importance, car elle pourra partiellement subsister dans le lac d'eau douce intérieur. Les travaux sont déjà commencés : on s'occupe actuellement de détourner les eaux des emplacements où les digues devront être construites.

Pierre Clerget.

LE FLOTTAGE DES MINERAIS

Jusqu'en ces dernières années, la seule propriété densitaire, s'exerçant dans un milieu toujours le même, l'eau, était utilisée à la préparation mécanique des minerais.

Théoriquement, cependant, de nombreuses propriétés physiques différenciant les minéraux, d'autres méthodes que celle basée sur la propriété densitaire peuvent être employées. De même le milieu peut varier : à l'eau on peut substituer l'air, l'huile, etc. Pratiquement, l'emploi de méthodes nouvelles se heurte à certains obstacles, qui tout au moins en retardent l'introduction dans l'industrie : C'est d'abord notre ignorance de certaines propriétés par lesquelles les minéraux se différencient nettement — la science en découvre sans cesse ; c'est ensuite la difficulté de mettre en œuvre certaines propriétés bien connues ; c'est enfin, c'est surtout la question du prix de revient de cette mise en œuvre, question fondamentale dans l'industrie.

Dans ce dernier quart de siècle, cependant, des méthodes nouvelles ont vu le jour. Au classement par équivalence dans l'eau est venu s'ajouter d'abord le classement par équivalence dans l'air, la méthode électromagnétique ensuite. Elle met en œuvre la susceptibilité magnétique, propriété encore inconnue il y a trente ans. Plus récemment, la méthode de préparation par flottage a fait son apparition. Après les tâtonnements qui rendent difficile tout début, cette méthode a fini par prendre une extension considérable. Elle est aujourd'hui à l'ordre du jour.

Et pourtant, en dehors des spécialistes, elle est encore très peu connue.

Comment en serait-il autrement ? Chaque procédé qui met en œuvre le flottage a été décrit par son inventeur et par ses adeptes en dehors, le plus souvent, de toute idée générale ; aussi dans le fouillis d'articles, de valeur extrêmement variable d'ailleurs, et trop souvent contradictoires, que l'on trouve disséminés dans de très nombreuses revues techniques, il est bien difficile de mettre de l'ordre, de séparer ce qui est réellement acquis de ce qui est hypothétique encore, et de faire ressortir les principes généraux.

Nous allons essayer, dans les pages qui suivent, de donner une idée générale de la question.

Nous traiterons successivement les points suivants :

1. Définition du flottage.
2. Son importance technique et économique.
3. Historique.
4. Etude des phénomènes de flottage.
5. Classification et description des principaux procédés.

Nous ne parlerons pas ici de l'application de ces procédés et des résultats auxquels elle conduit. Nous prierons les lecteurs que ces détails techniques pourraient intéresser de se reporter à la *Revue universelle des Mines* (numéro de juin 1919).

I. — Définition du flottage

Le flottage est la méthode de préparation mécanique des minerais qui tente d'utiliser, à la séparation des minéraux marchands que ces minerais renferment, la façon dont les fines particules des différentes espèces minérales constituantes se comportent en présence de surfaces de liquides (eau, huile, etc.) et de gaz.

Cette façon de se comporter variant d'une espèce minérale à l'autre, et même variant pour une espèce minérale avec les conditions du milieu, on se rend compte que le flottage est une opération très complexe, mais aussi, de par la complexité et la variété des phénomènes qu'elle tente d'utiliser, extrêmement fertile et susceptible, peut-être, d'arriver à réaliser à elle seule la concentration de n'importe quel minerai.

Pour le moment, de tels espoirs peuvent paraître excessifs devant la modestie des résultats obtenus.

Dans l'état actuel de nos connaissances, le flottage est la méthode de concentration des minerais qui utilise la tendance à flotter des fines particules de sulfures pour les séparer des particules d'autres espèces minérales non flottables ou moins flottables, qui, avec elles, constituent ces minerais.

II. — Importance technique et économique

Bien qu'applicable seulement aux minerais renfermant des sulfures, le flottage constitue dès aujourd'hui une véritable révolution dans la pratique de la préparation mécanique des minerais.

Sa répercussion dans le domaine de l'économie industrielle est énorme.

Le flottage permet, en effet, d'extraire la presque totalité des minéraux marchands contenus dans une foule de minerais trop complexes

ou trop pauvres pour en permettre l'enrichissement économique par les anciens procédés de préparation ; il a permis également de récupérer quantité de richesses que ces anciennes méthodes, dans leur impuissance à les en extraire, avaient rejetées aux haldes.

Sans nier l'importance des services rendus par le flottage dans la concentration des minerais d'or et d'argent, services tels que l'on a parlé, avec quelque exagération d'ailleurs, ainsi que nous le verrons plus loin, de la substitution du flottage à la cyanuration, c'est dans l'industrie du zinc et du cuivre que nous trouvons les plus beaux exemples des services rendus par le flottage.

Influence du flottage sur l'industrie du zinc. — L'exemple du Broken Hill est typique : Ces célèbres gisements, renfermant d'énormes masses de minerais de plomb et de zinc, sur l'enrichissement desquels nous reviendrons plus loin en détail, auraient dû être abandonnés si le flottage n'était venu les rendre utilisables, en même temps qu'il permettait la reprise pour zinc de près de 6 millions de tonnes de tailings que les anciens procédés de préparation étaient impuissants à enrichir. Le flottage permit d'en récupérer la presque totalité du zinc, et 75 % du plomb et de l'argent.

D'autre part, les statistiques montrent bien l'influence de l'emploi du flottage sur la production de minerais de zinc en ces dernières années.

Zinc contenu dans les minerais extraits :	1905 Tonnes.	1908 Tonnes.	1909 Tonnes.	1910 Tonnes.	1913 Tonnes.
En Australie...	60.000	126.000	146.000	198.000	223.720
Aux Etats-Unis.	—	174.500	216.000	226.000	320.284
Dans le monde.	—	718.500	784.000	817.000	—

Ainsi donc, de 1908 à 1910, tandis que la production mondiale du zinc contenu dans les minerais passait de 718.500 tonnes à 817.000, c'est-à-dire augmentait de 98.500 tonnes, celle des Etats-Unis et d'Australie passait de 300.500 t. à 424.000 tonnes, c'est-à-dire augmentait de 123.500 tonnes.

De 1908 à 1910, la production du zinc contenu dans les minerais a donc augmenté en Australie et aux Etats-Unis, précisément dans les seuls pays où le flottage est réellement développé, alors qu'elle diminuait dans l'ensemble des autres pays.

Il n'y a pas là une simple coïncidence ; c'est bien l'emploi du flottage permettant l'exploitation de minerais mixtes de plomb et de zinc relativement pauvres et la reprise de tailings épuisés par d'autres méthodes de concentration, qui a déterminé cet état de choses.

Il est également de toute certitude que, sans l'application de la méthode de flottage, les Etats-Unis n'auraient pu, pendant la guerre, augmenter leur production de minerais de zinc, dans les proportions où ils l'ont fait. Qu'il nous suffise de dire, en effet, que les productions en minerais calaminaires et en concentrés blendeux ont été les suivantes :

1913	1914	1915	1916
655.330	768.000	1.014.900	1.267.100

et que 30 % seulement de ces productions provenaient de calamine. Une grande partie des 70 % restants fut extraite de mines produisant des sulfures complexes, enrichissables seulement par flottage. Au surplus, la production du zinc résultant de minerais traités par flottage s'est élevée, aux Etats-Unis, à 46.000 tonnes en 1914 et à 110.000 tonnes en 1915.

Influence du flottage sur l'industrie du cuivre. — Dans leur rapport sur « l'Etat actuel de la Métallurgie et de l'Industrie du cuivre et de ses alliages », présenté en 1918 au Congrès du Génie Civil, MM. Sommaire et Mensier s'expriment ainsi :

« Il serait inadmissible d'aborder la métallurgie du cuivre sans signaler l'immense progrès réalisé dans la préparation mécanique des minerais par l'emploi des procédés de flottage substitués en partie aux procédés anciens d'enrichissement par lavage.

« On comprendra l'importance de ce progrès, le plus grand de tous ceux concernant le cuivre, en constatant qu'il permet d'extraire jusqu'à 96 % du cuivre de minerais à teneur de moins de 1 % en rejetant des stériles à 0,1 %. »

C'est aux Etats-Unis surtout que le flottage a rendu de grands services dans le domaine de l'industrie du cuivre. C'est ainsi que la seule Compagnie d'Anaconda (Montana), de par l'emploi de la méthode de flottage lui permettant de récupérer 96 % au lieu de 70 % du cuivre contenu dans les minerais qu'elle exploite, donnera annuellement une production supplémentaire de 48.000 tonnes de cuivre métallique. C'est précisément la production annuelle en cuivre de l'Australie ! De même, les mines de Chino, Ray, Nevada et Consolidated en Utah et celle de Miami en Arizona donneront, pour la même raison, 53.000 tonnes de cuivre de plus par an, c'est-à-dire les productions de l'Espagne et du Portugal réunies.

D'autre part, six mines qui exploitent en Arizona du minerai de cuivre à 16 kg. par tonne, dont elles pourront retirer environ 14 kg. par flottage alors qu'elles n'en retiraient que 10 kg. 5,

réaliseront de ce fait, pour l'ensemble de leurs exploitations, le formidable bénéfice net de 1.800 millions de francs.

*
* *

Les quelques exemples tirés de l'industrie du zinc et du cuivre montrent suffisamment l'influence de l'emploi du flottage sur ces industries et son importance économique.

Les quantités de minerais traités par flottage en ces dernières années montrent de leur côté, et avec quelle éloquence, l'énorme développement que prend cette méthode de préparation mécanique.

Nombre de tonnes de minerais divers (spécialement de zinc, de plomb, de cuivre et d'or) traités annuellement par flottage :

1914	1915	1916	1918	1919
≧3.000.000	4.500.000	13.000.000	≧50.000.000	60.000.000 T.

Ces chiffres se passent de commentaires et montrent l'importance de la méthode.

Diverses raisons d'ordre technique en ont empêché l'introduction dans certains centres miniers d'Europe, mais bien d'autres raisons, moins sérieuses, en ont retardé l'introduction en une foule de mines où elle aurait pu donner d'excellents résultats.

Il ne faut rien exagérer cependant, et ne pas oublier que le procédé Elmore, d'origine anglaise, est employé dans quantité de mines d'Europe. Mais, certes, la méthode peut y recevoir une beaucoup plus grande extension. Un mouvement de sérieuse progression semble commencé d'ailleurs.

III. — Aperçu historique des principaux procédés de flottage et description rapide de ces procédés

L'attraction adhésive de l'huile pour certains minéraux a été signalée en 1860 par l'Américain Hayne, mais personne ne songea à utiliser cette propriété de l'huile à la préparation des minerais.

En 1898, Frank Elmore, occupé dans un atelier de traitement de minerais de cuivre pauvres à Glasdir (Pays de Galles), reconnut fortuitement l'action sélective de l'huile pour les sulfures de cuivre.

Ce fut le point de départ de longues recherches. Elles aboutirent, en 1900, à l'invention du procédé Elmore, utilisé seulement, à cette époque, à l'enrichissement des minerais d'or. Mais il fallut de longues études encore, avant que F. E. Elmore ne mît définitivement sur pied, en 1907, le « *Vacuum flotation process* » que nous connaissons aujourd'hui et dans lequel la tendance au flottage des sulfures dans un mélange d'eau et d'huile est rendue effective par l'intervention de bulles gazeuses qui s'élèvent dans le liquide sous l'influence d'une dépression déterminée à la surface.

Tandis qu'Elmore étudiait la question en Angleterre, le désir d'arriver à traiter les minerais de zinc et de plomb des gisements et des énormes haldes du Broken Hill en Australie et les études qui en résultèrent, amenèrent M. C. V. Potter à découvrir, en 1901, que si l'on met le minerai mixte finement broyé dans une solution légèrement acidulée, les sulfures montent à la surface avec les bulles gazeuses, tandis que les autres éléments restent au fond. Mais Potter abandonna ses recherches et aucun procédé industriel ne vit le jour à cette époque, parce que, à peine arrivées à la surface, les bulles gazeuses crevaient, laissant les sulfures retomber au fond du liquide.

L'année suivante, en 1902, M. G. D. Delprat, directeur de la *Proprietary Mines* du Broken Hill, faisait breveter un procédé basé sur l'observation de M. C. V. Potter, mais où le flottage des sulfures était rendu plus facile et de durée plus longue par l'accroissement de la densité du liquide résultant de l'addition de sulfate de sodium.

Un second procédé Delprat vit le jour peu après. Au lieu d'accroître la densité du liquide par l'addition de sulfate de sodium, c'est par l'addition d'un mélange de sulfate de sodium, de potasse et de zinc qu'on arrivait à ce résultat. De plus, pour faciliter la montée des sulfures, on ajoutait une solution diluée d'acide nitrique. Il y avait dégagement de bulles gazeuses d'oxydes d'azote, d'acide sulfhydrique et d'azote qui entraînaient les sulfures.

Ce second procédé Delprat, où l'acide sulfurique est remplacé par l'acide azotique, ne semble — pas plus que le procédé Odling qui utilise l'eau de chlore, au lieu d'eau acide — être susceptible d'une réalisation industrielle, à cause du prix relativement élevé de l'acide azotique, d'une part, de l'eau de chlore, d'autre part.

En 1904, M. Donald Clark annonçait dans l'*Engineering and Mining Journal* que la découverte de Potter, malgré la faible durée du flottage des sulfures, venait de donner lieu à un procédé industriel. Le principe de réalisation de ce procédé était le suivant : si l'on réalise l'expérience de Potter dans un tube incliné en verre, on voit les sulfures entraînés par les bulles gazeuses s'élever en cheminant le long de la partie supérieure de la paroi du tube, jusqu'au moment où elles arrivent à la surface libre du

liquide. En ce moment, les bulles crèvent, les sulfures retombent. Si, sous le point où commence la surface libre du liquide, le tube est muni d'une encoche, les sulfures s'y réuniront.

En la même année 1904, M. A. de Bavay imaginait de produire l'ascension des sulfures en les aidant par un courant d'anhydride carbonique. Le minerai pulvérulent était d'abord additionné d'acide, puis lavé à l'eau ; on l'introduisait ensuite dans le liquide après l'avoir imprégné de l'acide carbonique devant déterminer l'entraînement des sulfures.

L'appareil, plus compliqué que les précédents, offrait l'avantage de permettre un meilleur réglage de la concentration.

Vers 1904, Mac Quisten inventait un procédé de flottage où celui-ci était uniquement déterminé mécaniquement.

En 1905, furent inventés les appareils Sulman, Picard, Cattermole et Ballot (Australie), qui furent parmi les premiers à réaliser le flottage d'une façon vraiment satisfaisante et où l'on utilisait un mélange d'eau, d'huile et de savon, la quantité d'huile étant très faible.

Vinrent ensuite le procédé Hyde et le procédé C. Howard de la *Minerals Separation Limited*, qui joignent à l'action de l'huile et des acides celle d'une agitation mécanique.

En 1912, parut le procédé Wood. Il s'applique aux seuls minerais secs. Tout l'intérêt du procédé réside dans la disposition des appareils. Elle est telle, que les sulfures flottant naturellement sont recueillis pendant la très faible durée de ce flottage naturel.

Enfin, en 1914, Callow inventa un procédé aujourd'hui très en vogue aux Etats-Unis, son pays d'origine. Il est connu sous le nom de flottage pneumatique, parce que l'air des bulles qui aident au flottage est injecté sous pression dans le liquide.

*
* *

La plupart de ces procédés réalisent uniquement la séparation de la gangue et des sulfures, c'est-à-dire ce qu'on a appelé, depuis, le « *flottage sélectif* » ; mais, à partir de 1904, des procédés virent le jour qui, par certains artifices, — action de solutions chimiques, grillage, etc., — parvinrent à séparer entre eux les différents sulfures. Ils réalisèrent ainsi le « *flottage par préférence* ».

Le principe en est le suivant : Après un premier flottage sélectif ayant séparé les sulfures de la gangue, on agit sur les sulfures par solutions chimiques ou par grillage à température convenablement choisie pour transformer partie des sulfures en sulfates ou autre combinaison. On sépare par flottage. Par une série d'opérations de ce genre, on arrive à une séparation complète des sulfures entre eux. Pour réaliser le flottage par préférence, Lyster, Bradfort, Greenway et Lowry (1914) ont mis en œuvre des solutions chimiques, tandis que, dans leurs procédés, Cattermole, Wentworth (1909), Ramage (1910) mettaient en œuvre le grillage.

D'autre part, pour réaliser le flottage par préférence, Nutter et Lavers ont, en 1913, opéré par « contrôle », c'est-à-dire que, pendant l'opération, ils ont fait varier certains des facteurs qui influent sur le flottage, afin d'accroître la différence des tendances au flottage des différents sulfures traités.

Enfin Murex a, en 1915, réalisé le flottage par préférence en combinant la méthode de flottage avec la méthode électromagnétique. Après addition de magnétite au minerai à traiter, Murex utilise l'action sélective de l'huile pour les éléments minéralisés. Des globules se forment qui renferment la magnétite et l'élément minéral pour lequel l'action adhésive de l'huile est la plus grande. Ce résultat est obtenu en diminuant l'action sélective de l'huile pour les minéraux jusqu'à ce que, seul, celui pour lequel elle est la plus grande soit entraîné. Les globules d'huile sont alors soumis à l'électro-aimant, qui attire la magnétite.

En répétant plusieurs fois les opérations, Murex arrive à une séparation complète.

*
* *

A cette liste de procédés et d'appareils, il faudrait ajouter ceux qui ont été inventés depuis 1914. De plus, quantité d'autres sont en gestation, spécialement en Australie et aux Etats-Unis, mais la plupart des inventions nouvelles sont tenues secrètes, tout au moins pendant la période souvent très longue qui conduit à leur exacte mise au point.

Au surplus, la plupart des procédés et appareils nouveaux employés récemment rentrent dans l'une des classes que nous avons établies, et même une bonne partie d'entre eux ne sont guère que des modifications de procédés et d'appareils anciens.

On comprend facilement qu'il doive en être ainsi, la complexité des phénomènes de flottage étant telle que dans chaque cas particulier, suivant la nature et la qualité du minerai traité, suivant les eaux, les huiles que les conditions locales forcent à utiliser, il y a lieu de faire une nouvelle mise au point des procédés et appareils employés, mise au point qui conduit à des modifications plus ou moins importantes.

IV. — ETUDE DES PHÉNOMÈNES DE FLOTTAGE. THÉORIE DE LA TENSION SUPERFICIELLE ET THÉORIE ÉLECTROSTATIQUE

Pour le flottage, comme pour la très grande majorité des inventions, l'empirisme a seul guidé les premières recherches. Il est même intéressant de remarquer que c'est fortuitement qu'Elmore constata l'action sélective de l'huile pour les sulfures, constatation qui fut le point de départ de ses recherches ; c'est fortuitement également, que, dans l'un des centres miniers où le flottage a rendu depuis les plus grands services, la possibilité d'appliquer cette méthode au minerai de la région fut démontrée : l'huile d'un réservoir répandue accidentellement au bas d'un tailing fit cette démonstration en en faisant flotter des particules de sulfures.

Un peu partout, là où, par suite de la difficulté ou de l'impossibilité de concentrer économiquement le minerai par les procédés ordinaires connus, le besoin s'en faisait le plus particulièrement sentir, de nombreux essais furent tentés qui amenèrent la réussite complète de nombreux procédés d'enrichissement par flottage.

Et pourtant, le moment semble encore lointain où une théorie capable d'expliquer les phénomènes observés pourra être établie et servir à éclairer les recherches, à améliorer les procédés existants et à en créer d'autres, en évitant les tâtonnements et les pertes de temps.

La difficulté de passer du domaine de l'empirisme à celui de la science apparaît clairement quand on remarque, avec l'Américain Callow, qu'en utilisant 4 huiles différentes, 3 pourcentages d'huile, 2 densités de solution et 2 changements de température, le nombre de permutations atteint 59.286.

Cependant l'utilité d'arriver à une connaissance plus approfondie des phénomènes de flottage s'impose tellement là même, là surtout, où tant a été fait dans le domaine pratique, que rien qu'aux Etats-Unis, l'Institut Mellon, de Pittsburg, la General Engineering C°, le Bureau des Mines, plusieurs écoles techniques et foule d'ingénieurs se sont lancés dans cette voie, trop récemment d'ailleurs pour être arrivés à des solutions définitives. Il n'en est pas moins vrai que certains résultats ont été obtenus.

Je vais tâcher de les résumer ici, en y joignant ceux auxquels, à ma connaissance, étaient arrivés antérieurement d'autres chercheurs ou qui résultent de l'expérience acquise ; mais dans la foule disparate et souvent contradictoire de ces résultats — bien incomplets encore d'ailleurs ! — il ne m'a pas été possible de mettre beaucoup d'ordre.

§ 1. — Théorie de la tension superficielle

Si l'on dépose délicatement, à la surface de l'eau, les particules bien sèches d'un minerai finement broyé, certaines d'entre elles s'enfoncent, tandis que les autres flottent pendant un temps plus ou moins long.

Celles qui coulent immédiatement à fond sont exclusivement des particules de gangues, non métalliques ; celles qui flottent le plus longtemps sont exclusivement des particules de sulfures, mais les particules minérales flottent toutes, pendant un temps plus ou moins long. Le procédé Wood utilise ce phénomène de flottage.

Toute particule soumise au flottage est soumise à deux forces de sens contraires.

La première est son poids, qui tend à la faire couler ; elle est proportionnelle au cube de son diamètre.

La deuxième est la tension superficielle du liquide, qui tend — si la particule est sèche — à la faire flotter ; elle est proportionnelle au carré du diamètre de la particule.

Il résulte de là que, si le diamètre de la particule est trop grand, tout flottage est impossible, mais que, s'il diminue, comme la force qui tend à la faire couler diminue plus rapidement que celle qui tend à la faire flotter, le flottage peut devenir possible pour un diamètre suffisamment petit. Ceci explique pourquoi le flottage exige des minerais finement broyés.

Mais pourquoi, de particules également fines, les unes flottent-elles, alors que les autres coulent à fond ? Parce que celles-ci sont mouillées, alors que celles-là ne le sont pas, c'est-à-dire parce que la courbe de contact de la particule avec l'eau est concave dans le premier cas et convexe dans l'autre, ou encore parce que l'attraction adhésive de l'eau est forte pour les premières et faible pour les secondes. L'attraction adhésive de l'eau pour les sulfures est particulièrement faible, alors qu'elle est particulièrement forte pour les gangues. Pratiquement, on doit considérer que l'attraction adhésive est forte pour toutes les particules minérales, à l'exclusion des sulfures.

En réalité, on constate des exceptions. C'est ainsi que l'oxyde cuivreux (Cu^2O) flotte, l'oxyde cuivrique (CuO) coulant à fond. Ce fait peut expliquer pourquoi, suivant le degré d'oxydation auquel a été soumis un sulfure de cuivre, le recouvrant d'une pellicule d'oxyde cuivreux ou d'oxyde cuivrique, il flottera ou coulera à fond.

On comprend donc pourquoi, d'une façon générale, il est bon d'opérer le broyage des minerais à flotter peu avant l'opération, afin d'éviter que les sulfures, en se couvrant d'une pellicule d'oxyde, coulent à fond.

***

Si l'on dépose, même délicatement, à la surface de l'eau, les particules humides d'un minerai, les particules de sulfures elles-mêmes coulent à fond. On peut cependant en déterminer encore le flottage par un des artifices suivants :

A. *Par des moyens purement mécaniques.* — Le procédé Mac Quisten utilise ces moyens. On a tenté, vainement jusqu'ici, semble-t-il, de donner une explication satisfaisante des phénomènes qui s'y produisent et déterminent le flottage. Nous en dirons un mot lors de la description de ce procédé.

B. *Par l'intervention de bulles gazeuses, d'acide, d'huile, etc.*

1° *Le flottage est déterminé par l'intervention de bulles gazeuses produites par l'action d'acide et de sels, sans intervention d'huile.* — Les procédés Potter et Delprat font partie de cette catégorie.

Le phénomène qui se produit est le suivant : tandis que les particules de minerais coulent à fond, les bulles gazeuses s'élèvent dans le mélange; elles se portent sur les particules de sulfures et, si elles sont suffisamment nombreuses, elles les amènent avec elles à la surface. C'est l'attraction adhésive des bulles gazeuses, forte pour les sulfures, faible pour les autres corps, qui détermine ce phénomène.

A part le procédé Wood qui opère sur des particules sèches, et peut-être le procédé Mac Quisten, tous les procédés de flottage utilisent les bulles d'air. C'est pourquoi on a pu dire que la production d'une écume ou mousse est la caractéristique du flottage.

Il semble que ce ne soit pas seulement la puissance ascensionnelle des bulles d'air qui intervienne, car le flottage paraît plus efficace si la particule de sulfure est complètement entourée de petites bulles d'air qui empêchent l'eau de la mouiller, que si elle est supportée par des bulles plus grosses, d'un volume total plus grand que celui des petites bulles.

Aussi cherche-t-on à produire une mousse constituée par une grande quantité de très petites bulles d'air. Mais, s'il n'est déjà pas facile d'obtenir ces petites bulles, il est plus difficile encore de les conserver, car elles ont tendance à se réunir les unes aux autres.

Dans son appareil, Callow obtient une grande quantité de petites bulles d'air, en forçant l'air injecté à traverser un tissu grossier. L'eau pure ne maintient pas longtemps une mousse persistante à sa surface. L'acide a une influence bienfaisante sur la formation des écumes.

Nous allons revenir sur ce point en envisageant le rôle de l'huile.

2° *Le flottage est déterminé par l'action d'huile et de bulles d'air.* — Le procédé Callow et, lorsqu'il n'utilise pas d'acide, le procédé Elmore, rentrent dans cette catégorie.

Les bulles d'air ont ici le même but et la même action que les bulles gazeuses dans le cas précédent.

L'huile a, en somme, la même action que les bulles gazeuses ou d'air : son attraction sélective pour les particules de sulfures est grande, alors qu'elle est beaucoup plus faible ou nulle pour les autres particules. Il en résulte que les bulles d'huile se portent sur les sulfures, les enrobent, empêchent l'eau de les mouiller et les entraînent avec elles à la surface.

L'huile a une autre action, comparable à celle de l'acide, mais plus développée : elle permet la formation d'une mousse persistante à la surface du liquide.

Pour Wilson (1848) et pour Stander (1916), si l'eau ne peut maintenir une mousse persistante à sa surface, cela provient de ce que sa tension superficielle est trop grande. S'il en est ainsi, tout agent capable de la diminuer serait favorable à la production et à la conservation d'une mousse à la surface. Or, tous les acides diminuent la tension superficielle de l'eau (Anderson, 1916); les huiles agissent de même.

Des expériences dues à MM. George Belchic et Roy O'Neal ont montré que :

a) L'addition d'acide sulfurique abaisse la tension superficielle de l'eau de 89 à 60.

b) 1 gramme d'acide oléique de T.S = 23,7 abaisse la tension superficielle de l'eau de 89 à 74.

c) 1 gramme d'huile de pin de T.S = 23,3 abaisse la tension superficielle de l'eau de 89 à 52.

3° *Le flottage est déterminé par l'action d'huile et de bulles gazeuses produites par l'action d'un acide.* — Le procédé Elmore est dans ce cas.

On pourrait croire que, puisque l'acide ou l'huile agissant séparément diminuent la tension superficielle de l'eau, leur action combinée doit être semblable, mais plus intense.

Des expériences dues à MM. George Belchic et Roy O'Neal montrent qu'il n'en est pas ainsi et que : l'addition d'huile à l'eau acidulée a pour effet, tantôt de diminuer, tantôt d'augmenter la tension superficielle du liquide. L'espèce d'huile intervient beaucoup, mais parfois c'est la quantité d'huile qui agit : l'addition d'un peu d'huile

diminue la tension superficielle, l'addition d'une quantité relativement grande l'augmente.

Mais, chose curieuse, dans un cas comme dans l'autre, l'addition d'huile à l'eau acidulée détermine généralement la production d'une mousse. Aussi, beaucoup d'expérimentateurs estiment-ils que l'on ne doit pas s'attacher à savoir si une huile diminue ou non la tension superficielle, mais à savoir quel est son pouvoir de former des écumes.

De son côté, M. Coghill, qui a beaucoup étudié cette question, pense que le moyen d'accroître les bulles d'air est de faire varier la tension superficielle du liquide. Diminution ou accroissement de la tension superficielle, c'est précisément à quoi l'on arrive avec la plupart des huiles ajoutées à de l'eau acidulée.

Au surplus, il ne suffit pas d'accroître la quantité d'écumes, il faut accroître le nombre de bulles d'air et surtout de petites bulles d'air. L'action de l'huile et des acides est encore utile à ce point de vue, car, de même que le chloroforme et l'éther, ces substances diminuent la dimension des bulles d'air.

Il faut d'ailleurs étudier avec soin les huiles dont on fait usage. D'une façon générale, on peut dire que l'huile de pin donne une écume mince et fragile, alors que la créosote donne une mousse stable et élastique. Un mélange de ces deux huiles donne en général de très bons résultats. Quant aux huiles de graissage, elles ne conviennent guère; elles seraient même nuisibles d'après certaines expérimentations.

4° *Le flottage est déterminé par l'action de l'huile, de bulles gazeuses produites par des acides et par une agitation mécanique.* — C'est à cette classe qu'appartiennent les procédés Howard et Standart.

L'action des acides et des huiles est celle dont nous avons parlé, mais l'agitation mécanique déterminant la formation d'une grande quantité de bulles d'air, les proportions d'acide et d'huile à ajouter pour maintenir une mousse abondante et formée de fines bulles d'air sont relativement très faibles.

§ 2. — Théorie électrostatique

M. Callow, l'inventeur d'un des procédés de flottage les plus en vue, a émis en 1915 une théorie électrostatique du flottage.

Cette théorie a pour origine la remarque suivante que fit Callow : En ce qui concerne le flottage, il y a parallélisme entre les caractéristiques électrostatiques et les propriétés des minerais. Il n'est pas niable que toute substance mélangée avec l'eau ou avec d'autres liquides y prend une charge électrique. Or, pour Callow, il est démontré que les particules susceptibles de flotter prennent la polarité positive et que celles qui tombent au fond prennent la polarité inverse ou négative; enfin, que la masse agglomérée par l'huile prend une charge négative et que, par conséquent, elle attire les particules flottables et positives, tandis qu'elle repousse au fond les négatives.

D'après M. F. G. Donnan, professeur à l'University College de Londres, les particules d'huile possèdent des charges négatives dont l'ordre de grandeur serait de 0,06 volt.

Le fait que les différentes particules d'une émulsion possèdent des charges électriques est mis en lumière si l'on place cette émulsion dans un champ électrique : on voit les différentes particules s'acheminer vers l'un ou vers l'autre pôle.

De son côté, M. R. J. Anderson a reconnu que les charges que prennent les diverses particules de la plupart des substances peuvent être retardées ou inversées par l'addition d'un électrolyte en quantité déterminée. Il admet que les gangues et notamment le quartz, qui, ainsi que nous l'avons dit, vont au fond, se chargent négativement, tandis que les substances flottables, les sulfures et spécialement la pyrite, se chargent positivement. Il admet également que les bulles d'air et les liquides ont des charges négatives et que les pellicules de contact d'huile et d'air, ayant des charges négatives, attirent les pellicules de sulfures positives.

Cette théorie électrostatique, défendue par Callow, appuyée sans réserve par de nombreux expérimentateurs, parmi lesquels on peut citer MM. James, A. Block, Olliver C. Plaston, etc., et à laquelle la plupart des physiciens qui se sont occupés de la question apportent leur appui et leur autorité, tout en la trouvant trop exclusive, est combattue par Bains (*Mining and Scientific Press*, 1915). Pour celui-ci, aucune des données recueillies jusqu'ici ne permet d'accorder la moindre importance à l'action de l'électricité dans les phénomènes de flottage.

V. — DESCRIPTION ET APPLICATION DES PROCÉDÉS DE FLOTTAGE

§ 1. — Flottage par sélection, comprenant les procédés qui, appliqués à des minerais renfermant plusieurs sulfures, ne peuvent séparer ces sulfures entre eux.

1er GROUPE : PROCÉDÉS APPLICABLES AUX MINERAIS SECS

Le Procédé Wood. — Le principe du procédé est le suivant : Déposer la matière finement

broyée et avec délicatesse à la surface d'une nappe d'eau courante. Les sulfures flottent un instant à la surface, tandis que les autres matières tombent directement au fond. On enlève la pellicule des sulfures pendant le court instant du flottage.

M. Wood a construit plusieurs types d'appareils.

Dans le premier, le minerai broyé au tamis 40 tombe d'une trémie sur une plaque vibrante (500 vibrations par minute) inclinée à environ 15°. De là, il tombe sur la surface d'une nappe d'eau coulant sur une table inclinée à 7° et aboutissant à une cuve pleine d'eau dont la paroi s'abaisse et forme déversoir précisément là où le courant venant de la table entraîne l'eau et la pulpe.

Pendant le court passage de l'eau et de la pulpe au-dessus de la cuve, les stériles, gangues, etc., tombent au fond, tandis que la pellicule de sulfures reste à la surface et est entraînée par-dessus le déversoir avec l'eau.

La séparation des sulfures et de l'eau se fait sur un tamis. L'eau est récupérée.

Le type d'appareil de Wood ayant donné les meilleurs résultats est le suivant :

Le minerai, broyé au tamis 40, tombe d'une trémie sur une plaque vibrante inclinée à 15° environ, comme dans le premier appareil décrit. De là, il tombe sur un cylindre caoutchouté tournant à la surface de l'eau d'une cuve. L'axe du cylindre affleurant approximativement à la surface de l'eau, lorsque par suite de la rotation le minerai atteint celle-ci, il est entraîné par le courant établi par la rotation du cylindre vers une région où tourne un autre cylindre. Sur celui-ci passe une courroie sans fin qui retire de la cuve les sulfures flottants. Les stériles ont évidemment gagné le fond de la cuve.

La force motrice nécessaire au fonctionnement de cet appareil est de 1/4 de cheval. La consommation d'eau est plus petite que dans les laveries ordinaires.

Remarques. — 1° Le procédé Wood a donné de bons résultats avec tous les sulfures, les tellurures, l'or, le platine et le graphite.

2° Le procédé donne de meilleurs résultats avec les sulfures fraîchement broyés qu'avec les autres. Cela provient certainement de l'oxydation qui s'opère après broyage pour les minerais non traités immédiatement.

3° Le flottage des sulfures de cuivre est d'autant plus accentué que leur teneur en S diminue.

4° La plupart des minerais magnétiques coulent à fond. D'où séparation de la chalcopyrite et de la blende magnétique.

1° GROUPE : PROCÉDÉS APPLICABLES A DES MINERAIS HUMIDES

Classe A. — Procédés déterminant le flottage des sulfures par des moyens purement mécaniques.

Procédé Mac Quisten. — Le procédé Mac Quisten ne fait intervenir ni huile, ni acide. C'est un procédé de flottage où la tendance à flotter naturelle aux sulfures est aidée par des moyens purement mécaniques.

L'enrichissement se fait par le passage de la pulpe dans une succession de quatre groupes — plus ou moins importants suivant la production à réaliser — d'appareils semblables que l'on place en cascade. Cependant, l'enrichissement étant très faible dans les deux derniers groupes, on réduit souvent l'opération au passage dans deux groupes d'appareils.

L'appareil en lui-même est des plus simples : Un tube en fonte de 1 m. 80 de longueur et de 30 cm. de diamètre, et pouvant peser 200 kg., repose horizontalement sur un support sur lequel il peut rouler par l'intermédiaire de galets, lorsqu'on lui communique un mouvement de rotation. L'une des extrémités de ce tube est fermée, mais donne accès à une conduite venant de l'extérieur; l'autre extrémité est ouverte et débouche au milieu de la partie supérieure de l'une des grandes parois d'une caisse métallique dont les dimensions sont en centimètres : 60×60×30. La partie supérieure de l'autre grande paroi de cette caisse est rabattue juste en face de l'ouverture du tube et forme déversoir. Le tube présente intérieurement une rainure hélicoïdale continue à pas constant de 37 mm. et d'une profondeur de 6 mm. Le seuil du déversoir est exactement à 75 mm. au-dessus du fond des rainures.

Pour mettre l'installation en marche, il suffit de faire tourner le tube à 30 tours par minute, par l'intermédiaire d'une courroie s'enroulant sur un collier-poulie fixé vers le milieu du tube. En même temps, on permet l'entrée de la pulpe à enrichir par le tuyau aboutissant à l'extrémité fermée du tube. Le sens de la rotation est tel que la matière progresse vers l'ouverture.

Le flottage s'opère, les sulfures se portent à la surface du liquide et, entraînés dans le mouvement de progression commun, traversent la caisse et s'écoulent dans le déversoir, tandis que les stériles non flottables tombent au fond de la caisse.

Comment expliquer le flottage dans ce cas? Pendant le mouvement de rotation et de progression de la pulpe, les particules remontent et rencontrent la surface de l'eau sous un angle qui, vu la faible profondeur de l'eau et les dimensions

du tube et des rainures, est très aigu. Les fines particules de sulfures, seules susceptibles de flotter, restent à la surface de l'eau alors que les autres retombent au fond.

La force motrice nécessaire est de 80 chevaux pour 100 tubes. Un seul ouvrier suffit à la surveillance de la marche de 100 tubes.

Classe B. — Procédés déterminant le flottage des sulfures par des moyens physiques et chimiques.

1° *Procédés utilisant les acides seuls à la formation des bulles d'air*

a) *Procédé Potter* (fig. 1). — La pulpe arrive par le dessus de l'appareil, espèce de spetzkasten

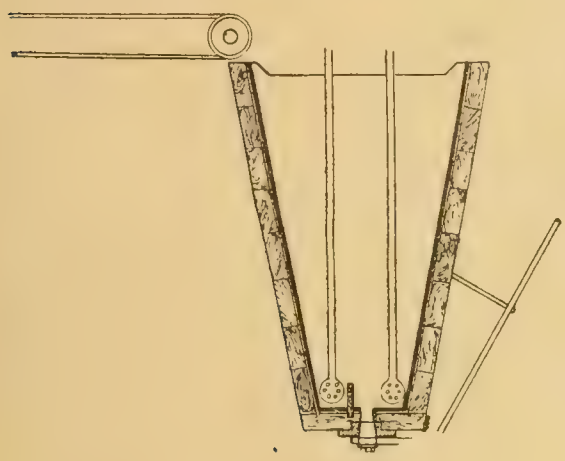


Fig. 1. — *Schéma de l'appareil Potter.*

en bois recouvert de plomb intérieurement ; des tuyaux de fer amènent la solution d'acide sulfurique à 2-3 % au fond de l'appareil.

On chauffe à une température voisine de 80° C. Des bulles d'air et de gaz se dégagent dans la masse et viennent former une écume à la surface. Elles débordent finalement et sont évacuées. Elles renferment les sulfures.

Les stériles, comprenant en majeure partie la gangue, tombent au fond et sont évacués d'une façon continue.

b) *Procédé Delprat.* — L'appareil de Delprat diffère très peu de l'appareil Potter. Nous ne le décrirons pas.

Une particularité du procédé est qu'il exige l'élimination des dernières traces de sulfates qui, formées lors du traitement dans l'appareil de flottaison, n'auraient pas été éliminées par le grillage. Rien que des traces de sulfates suffiraient à percer rapidement les cornues de distillation.

c) *Procédé de Bavay.* — Le procédé de Bavay est analogue en principe aux procédés Potter et Delprat, mais ce sont des bulles de CO^2 qui contribuent au flottage des sulfures.

L'appareil de de Bavay est plus délicat que ceux de Potter et Delprat.

La conduite de l'opération est également plus délicate ; aussi, plus encore que dans ces deux procédés, faut-il éviter avec le plus grand soin toute vibration de l'appareil. La moindre vibration ferait couler instantanément les sulfures.

Les frais d'établissement du procédé de Bavay sont plus élevés que ceux des procédés précédents, mais le rendement est meilleur.

2° *Procédés utilisant les huiles et les bulles d'air*

a) *Le procédé de flottage pneumatique Callow.* — Comme le procédé Elmore, que nous décrivons plus loin, ce procédé est basé, d'une part, sur l'action sélectrice de l'huile pour les sulfures, d'autre part, sur la propriété que possèdent les sulfures imbibés d'huile de fixer fortement les bulles d'air. Mais, tandis que dans le procédé Elmore les bulles d'air se dégagent sous l'influence du vide déterminé dans la partie supérieure de l'appareil, dans le procédé Callow l'air sous pression est injecté à la base ; les bulles qui s'élèvent dans le bain fixent fortement les pellicules de sulfures et les aident à flotter.

La première opération à effectuer est de mélanger la pulpe de minerai à traiter avec l'eau et l'huile qui doit s'emparer des particules de sulfure. Le mélange est amené à un 1er groupe de 4 bacs de flottage, dégrossisseur suivi d'un groupe finisseur absolument semblable (fig. 2).

Chaque bac est constitué par une cuve à fond incliné et divisé en 8 compartiments de section triangulaire, fermés intérieurement par une cloison en tissu grossier perméable à l'air. Au centre de chacun de ces compartiments débouche un tuyau muni d'un robinet, qui amène l'air comprimé venant d'un ventilateur. Ces tuyaux sont branchés sur une conduite centrale. Le robinet permet de régler l'arrivée de l'air dans chaque compartiment, de façon à maintenir un débit d'air constant malgré les différences des hauteurs d'eau.

La cloison perméable que l'air est obligé de traverser avant son entrée dans le bac détermine la formation d'une grande quantité de petites bulles d'air, condition requise pour obtenir un flottage efficace, le nombre de bulles d'air devant être bien supérieur au nombre de particules de sulfures flottables et la matière étant très divisée.

Les stériles tombent au fond du bac et sont rejetés définitivement. Quant à l'écume, elle est

amenée au second groupe de bacs, groupe finisseur, où la même opération se reproduit. Seulement, comme cette fois les stériles renferment encore des sulfures, ils ne sont pas rejetés, mais sont reconduits au bac mélangeur initial. Les écumes passent à un bac de décantation, et là on sépare les concentrés de l'huile et de l'eau. L'huile est récupérée, purifiée et réemployée ; les concentrés sont conduits à la fonderie ou vendus après passage au filtre-presse et au séchoir. Tel est le procédé Callow.

L'air est injecté à une pression d'environ 0,3 kg/cm² au-dessus de la pression atmosphérique.

La consommation de l'huile est assez variable et dépend de la bonne organisation du travail.

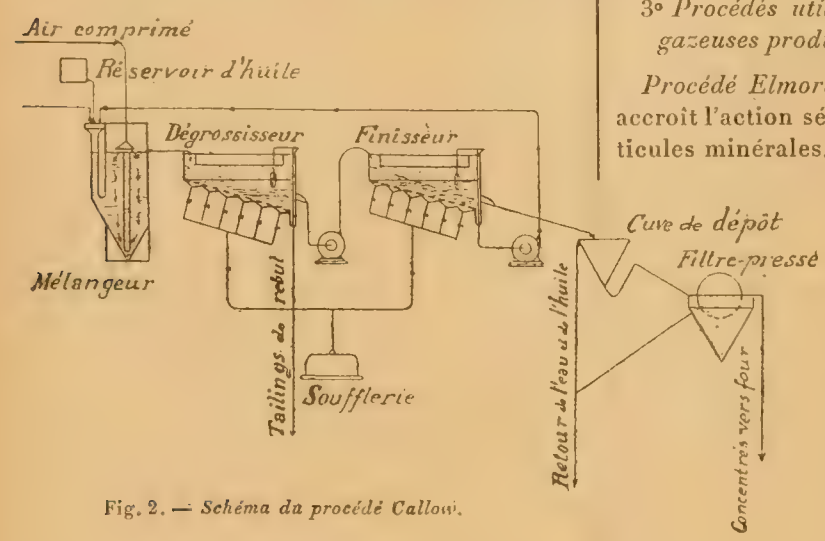


Fig. 2. — *Schéma du procédé Callow.*

Callow mentionne que, dans des installations bien au point, on ne consomme que 150 gr. d'huile par tonne de minerai traité, tandis que dans d'autres on emploie jusqu'à 1 kg. d'huile. En moyenne, on ne dépasse guère 500 gr. d'huile par tonne de minerai traité. On emploie des huiles qui agissent surtout par coagulation (huile de pin) et par entraînement (huile de goudron).

La première installation de flottage par le procédé Callow date d'avril 1914. Ce fut un succès ; les installations se multiplièrent et fin 1915 elles traitaient de 25.000 à 28.000 tonnes de minerai par jour avec d'excellents résultats.

D'après Callow, pour une installation pouvant traiter 2.000 tonnes par jour, l'ensemble des frais de concentration ne dépasse pas 0 fr. 34 par tonne de minerai concentré. (Ce chiffre paraît bien faible.)

b) Procédé Elmore ou « Vacuum flotation process ». — C'est un procédé de flottage à l'huile où l'ascension des bulles gazeuses est déterminée par le vide.

En voici le principe : Utiliser l'action sélective de l'huile pour les particules métalliques d'un mélange eau, huile et minerai finement broyé, pour produire l'entraînement de ces particules métalliques par l'huile et en déterminer le flottage, tandis que les particules de gangue et de stérile tombent au fond, puis accroître la durée du flottage afin de pouvoir l'utiliser à l'enlèvement des particules métalliques en déterminant l'ascension des bulles d'air et gazeuses contenues dans le mélange. Ces bulles se fixent aux particules métalliques et les aident à flotter. Leur ascension est provoquée par une dépression créée à la surface du liquide.

3° *Procédés utilisant les huiles et les bulles gazeuses produites par l'action d'un acide*

Procédé Elmore (avec acide). — Souvent, on accroît l'action sélective de l'huile pour les particules minérales, en même temps qu'on accroît le nombre de bulles gazeuses, par l'addition d'acide au mélange.

Appareil Elmore. Description et fonctionnement (fig. 3). — Le minerai finement broyé est délayé avec la quantité d'eau nécessaire dans une trémie de décantation. Il s'y dépose en une boue épaisse. Celle-ci se rend dans un mélangeur — cylindre horizontal dont l'axe armé de palettes reçoit un mouvement de rotation de 30 à 40 tours par minute — où elle est additionnée d'huile et suffisamment triturée pour que l'huile se soit entièrement emparée des particules de sulfures métalliques lorsque le mélange arrive à la sortie de l'appareil. Là, il est à nouveau délayé. Il s'élève ensuite jusqu'à l'appareil séparateur, ou chambre d'opération, par un tuyau de 8 à 10 mètres de longueur. Le séparateur est de forme tronconique et est recouvert d'une partie cylindrique. C'est au centre de la base que débouche le tuyau d'amenée du mélange. Un peu avant d'atteindre cette base, le tuyau pénètre dans un manchon. A l'intérieur du séparateur, quatre râteaux sont fixés radialement sur ce manchon, qui reçoit extérieurement un mouvement de rotation. Ce mouvement de rotation est très lent : un ou deux tours par minute, mais le raclage des matières qui sont sur le fond est continu ; aussi y a-t-il remise en mouvement des stériles et des particules huileuses qui

pourraient y rester englobées. La disposition des râteaux est telle que la matière est refoulée du centre vers la circonférence. Au sommet du séparateur, est fixé le tuyau par l'intermédiaire duquel la pompe à air produit la dépression.

Tandis que les stériles s'échappent par un tuyau débouchant en un point de la circonférence du fond et ayant un diamètre plus petit que celui de la conduite d'amenée de la pulpe, les écumes huileuses riches s'élèvent dans la

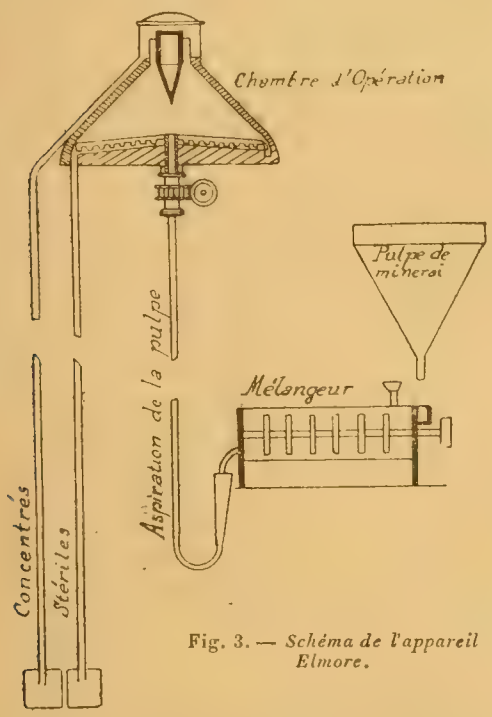


Fig. 3. — *Schéma de l'appareil Elmore.*

masse et s'échappent par deux ouvertures pratiquées vers le sommet de l'appareil en deux points diamétralement opposés.

Les deux conduites qui évacuent les stériles et les concentrés plongent dans l'eau contenue dans des cuves réceptrices, et comme ces conduites ont une plus grande longueur verticale — un mètre de plus environ — que le tuyau d'amenée de la pulpe, la montée de celle-ci dans le séparateur s'effectue sous l'influence des colonnes d'évacuation. Le fonctionnement est donc absolument automatique.

La dépense de force motrice est relativement faible. Il suffit de mettre en mouvement le régulateur de débit de la trémie de décantation, les agitateurs du mélangeur et du séparateur, enfin la pompe à air. Pour un appareil-unité de 1,50 m. de diamètre environ, il faut 2,5 chevaux.

La capacité de production d'un appareil-unité de 1,50 m. de diamètre varie de 35 à 45 tonnes de minerai en 24 heures, suivant la nature du minerai, la finesse du grain, l'huile, etc.

La consommation d'huile varie également avec une foule de facteurs, mais il est rare qu'elle descende au-dessous de 1,5 kg. ou dépasse 5 kg. par tonne de minerai traité. Elle a cependant déjà atteint 7 kg.

A Londres, en 1914, le prix d'un appareil-unité de 1,50 m. de diamètre était de 12.500 francs, f. o. b.

Limites d'application du procédé. — 1° Bien que particulièrement applicable aux sulfures, le procédé Elmore traite avec succès différentes espèces de minerais.

2° Le minerai doit être finement broyé, mais les dimensions des grains peuvent être assez différentes. Aucun classement n'est donc nécessaire.

3° On ne peut tirer aucun parti des schlamms, fussent-ils riches.

Entretien de l'appareil. — Les frais d'entretien ne sont généralement pas importants ; cependant il faut tenir compte de la corrosion due surtout à l'acidité du mélange. Les palettes du mélangeur s'usent rapidement et doivent être remplacées tous les trois mois en moyenne.

4° *Procédés utilisant les huiles, les acides et une agitation mécanique*

a) *Le procédé Hyde.* — Le mélange de minerai broyé, d'huile et d'acide s'effectue dans un mélangeur, d'où il passe dans une première cuve de traitement (fig. 4). Celle-ci est divisée en deux compartiments. Dans le premier, le mélange renfermant les particules minérales est brassé par un agitateur. Par une ouverture pratiquée à la base de ce compartiment, il passe dans le second où, tandis que les écumes entraînent les sulfures à la surface, les stériles encore plus ou moins riches tombent sur un fond incliné et sont conduits successivement à une deuxième, puis à une troisième cuve où la même opération se répète. Le stérile de cette troisième cuve est définitivement rejeté, tandis que ses concentrés, provenant du traitement d'une pulpe appauvrie, sont amenés à une seconde série de deux appareils semblables aux précédents. Le stérile du premier constitue la pulpe du second, le stérile de ce second vient constituer avec le stérile du premier appareil du premier groupe la pulpe du deuxième. Quant aux concentrés du dernier groupe d'appareils, ils sont marchands.

b) *Le procédé A.C. Howard et Minerals Separation Limited.* — L'appareil (fig. 5) se compose d'une cuve en bois doublée intérieurement de métal. Un agitateur y tourne rapidement, produisant l'émulsion du mélange : minerai, huile et eau légèrement acide.

Les écumes se forment, entraînant les sulfures qui débordent dans une espèce de hotte. Les stériles tombent, partie au fond de la cuve, partie au fond de la hotte, mais sont ensuite réunis au fond de la hotte d'où ils sont évacués. Enfin les écumes riches débordent une seconde fois et sont recueillies.

Généralement, on emploie l'huile d'eucalyptus, qui, étant soluble, se sépare facilement du concentré sans avoir besoin de recourir au grillage.

On accole ces appareils en quantités variables avec la production à assurer. Pour traiter 400 tonnes par jour, il suffit d'un emplacement de 9 m. de longueur sur 3 m. de largeur. La hauteur exigée ne dépasse pas 4 m.

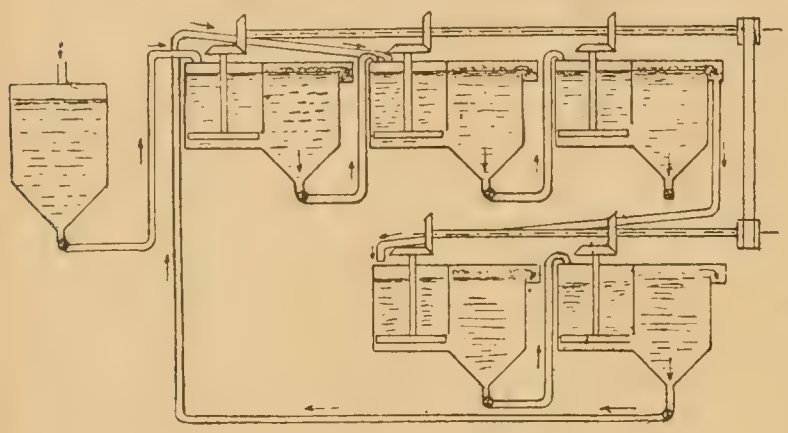


Fig. 4. — *Schéma de l'appareil Hyde.*

Ce procédé, appliqué en Australie à des schlamms et à des sables, y a donné d'assez bons résultats.

c) Le procédé Standart. — Aux mines de cuivre d'Anaconda, des essais de flottage du minerai ont été faits en 1915-1916 avec des procédés divers. Il semble que le procédé pneumatique Callow soit seul resté en lice avec l'appareil à agitation mécanique « Standart ».

La machine Standart s'est finalement montrée nettement plus avantageuse que la machine Callow, en ce qui concerne du moins le minerai de cuivre d'Anaconda.

Le procédé Standart offre de plus l'avantage d'être moins délicat et d'exiger moins de surveillance pendant l'opération que le procédé Callow.

La température la plus favorable est de 21° C. et le mélange le meilleur est l'acide sulfurique, le kérosène et la créosote de bois. En l'absence d'acide, on peut employer l'huile de lin, la térébenthine et la créosote. Mais l'absence d'acide rend le fonctionnement plus délicat.

§ 2. — Flottage par préférence, comprenant les procédés qui, même appliqués à des minerais renfermant plusieurs sulfures, assurent la séparation de chacun d'eux.

Le procédé Horwood

Le procédé Horwood parvient à séparer le sulfure de zinc du sulfure de plomb. Il ne s'applique pas directement aux minerais ni aux tailings, mais bien à des concentrés déjà enrichis en sulfures par un premier flottage effectué par un procédé quelconque.

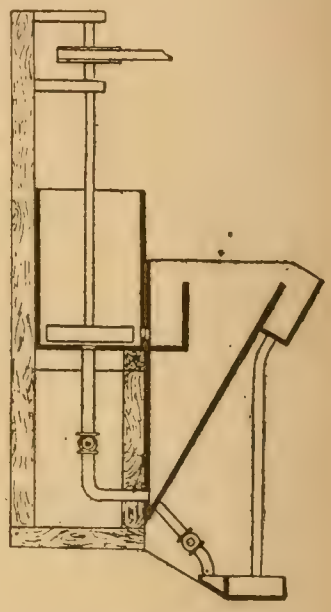


Fig. 5. — *Schéma de l'appareil de la* Minerals Separation Limited.

Horwood soumet les concentrés, déjà enrichis par flottage, à un grillage à température peu élevée, de façon à transformer la presque totalité du sulfure de plomb en sulfate, tandis que le sulfure de zinc reste sous cet état. Un second flottage, exercé sur le produit du grillage, amène le sulfure de zinc à la surface, alors que le sulfate de plomb coule à fond.

Pour aider la tendance à flotter naturelle au sulfure de zinc, Horwood emploie l'huile d'eucalyptus et l'acide sulfurique.

Depuis 1914, le procédé Horwood a été quelque peu modifié dans le but d'entraîner la presque totalité de l'argent avec le plomb.

Pour cela, on fait précéder le grillage par un lavage, qui a pour effet d'empêcher le flottage de la plupart des composés d'argent, donc de les entraîner avec le plomb. Deux autres avantages très appréciables ont encore résulté de cette manière d'agir :

C'est d'abord que la quantité d'argent récoltée a été plus importante. C'est ainsi que le

traitement d'un même concentré a donné 933 gr. d'argent par tonne de concentrés de zinc, et à peu près ce même chiffre de 933 gr. d'argent par tonne de plomb lorsqu'on effectuait directement le grillage, tandis que si l'on enlevait au préalable les sels solubles par lavage, on recueillait de 311 à 373 gr. d'argent par tonne de concentré de zinc et de 1 kg. 800 à 2 kg. 170 par tonne de produits plombeux.

C'est ensuite que la quantité d'acide sulfurique nécessaire à l'opération a diminué.

La consommation d'huile d'eucalyptus ne dépasse pas 337 gr. par tonne; celle d'acide sulfurique varie de 9 à 12 kg. par tonne.

VI. — Substitution du flottage a la cyanuration

Après avoir donné de bons résultats avec les minerais de Cu, de Pb et de Zn, le flottage a été essayé pour l'enrichissement de minerais de pyrites argentifères et aurifères en remplacement de la cyanuration. Longtemps, on n'exécuta que des essais de laboratoire. Lorsque ceux-ci furent satisfaisants, on fit des essais en grand. Mais les résultats que l'on obtint furent bien inférieurs à ceux obtenus au laboratoire. Il fallut tâtonner longtemps, en se basant parfois, il est vrai, sur diverses théories; mais celles-ci, non encore mises au point, se montrèrent tout à fait insuffisantes à orienter les essais d'une façon satisfaisante.

Le flottage, qui est toujours une opération difficile à conduire, se montra, dans ce cas particulier, plus capricieux encore que de coutume. On produisit des océans de mousses, on essaya des huiles de toutes sortes, on fit varier la vitesse de l'agitation d'une valeur à peine supérieure à 0, jusqu'à celle correspondant à la limite de puissance des moteurs; ce fut en vain.

Cependant, on finit par arriver, avec des minerais riches en Ag, à les enrichir à 90 %, alors que la cyanuration n'arrivait qu'à 70 %. Mais, pour les minerais pauvres, il fallut conserver la cyanuration.

Des pyrites aurifères et argentifères, contenant 2,48 gr. d'or, 4,1 gr. d'Ag et 2 gr. de Cu par tonne, furent traitées par flottage et donnèrent de bons résultats.

Des essais furent faits avec diverses huiles, les bons résultats se maintinrent. Enfin, on travailla l'hiver, alors qu'il fallait briser la glace, et, contre toute attente, car on croyait qu'à ces basses températures l'état de l'émulsion ferait avorter le flottage, les résultats furent encore excellents. On est encore à se demander quelles furent les causes des premiers échecs. Mais ces essais ont convaincu ceux qui s'y sont livrés que l'espèce d'huile, la température, la consistance, ne jouent aucun rôle dans le flottage.

***

D'une façon générale, l'expérience industrielle a montré que, jusqu'à nouvel ordre, le flottage n'est substituable économiquement à la cyanuration que lorsqu'on se trouve au voisinage de la limite de fonctionnement économique de la cyanuration.

Fernand Bronckart,
Ingénieur civil des Mines (A. I. Lg.).

LE MIMÉTISME CHEZ CERTAINS PAPILLONS

Depuis plusieurs années, j'ai consacré une grande partie de mon temps à l'étude du mimétisme de certains insectes. Les faits observés me paraissent remarquables, et je me propose de les décrire brièvement ici.

***

Jetons d'abord un coup d'œil sur un certain ensemble de papillons qui habitent la Nouvelle-Guinée et quelques-unes des îles adjacentes. Ces papillons, quoique appartenant à des sous-familles différentes, présentent une ressemblance qui est trop marquée pour être accidentelle. Trois d'entre eux sont des Piérines, groupe qui renferme les papillons blancs communs de cette contrée ; le quatrième est une Nymphaline, pas très éloignée de nos Tortues et de notre Paon de jour. La ressemblance de la face supérieure de deux des trois Piérines n'a rien d'extraordinaire, car elles présentent l'aspect ordinaire des Piérines : un fond blanc ou presque blanc avec un bord plus sombre, un peu élargi vers l'apex. Mais ce trait commun des Piérines est presque inconnu dans la très grande sous-famille à laquelle appartient notre Nymphaline. Quoique assez remarquable pour arrêter l'attention de ceux qui sont familiers avec ces papillons, l'aspect « piérinique » de la face supérieure de cette Nymphaline, connue sous le nom de *Mynes doryca*, ne semblerait pas par lui-même nécessiter une explication spéciale : la ressemblance passerait tout au plus pour une coïncidence intéressante.

Mais la face inférieure des trois Piérines, qui sont l'*Huphina abnormis*, le *Delias ornytion* et le *Delias irma*, présente une combinaison frappante de couleurs, tout à fait inusitée dans ce groupe ; et ce caractère particulier de la face inférieure est partagé par la Nymphaline, *Mynes doryca*. Le « bras long de la coïncidence » ne peut guère aller jusque-là. Quoi qu'on puisse dire sur la similitude d'aspect de ces papillons vus par-dessus, pour expliquer comment le dessous des ailes présente le même modèle inaccoutumé tant chez le *Mynes* que chez les Piérines, il faut, semble-t-il, recourir à d'autres arguments que le hasard ou un accident. D'ailleurs, en ce qui concerne les Piérines mêmes, les deux membres du genre *Delias* sont, il est vrai, très voisins ; mais l'*Huphina* appartient à un genre entièrement distinct, séparé des *Delias* par plusieurs différences de structure importantes.

En somme, les deux espèces de *Delias* diffèrent moins par leur aspect de leurs congénères les plus rapprochés que l'*Huphina* ou le *Mynes*. La face inférieure de l'*Huphina* est sans exemple dans son genre, mais la face supérieure est presque commune. Enfin le *Mynes* est seul parmi ses voisins les plus proches non seulement par le caractère de sa face inférieure, mais par la nature « piérinique » du dessus de ses ailes.

Tournons-nous maintenant vers un autre ensemble, qui nous offre le même problème d'un point de vue un peu différent.

Dans le Sud-Est de l'Asie et les îles adjacentes, on trouve un genre de grands papillons, appelés par Wallace *Prioneris* d'après le bord frontal en forme de scie de l'aile antérieure chez le mâle. Il y a plus de 50 ans, Wallace avait remarqué que les espèces de *Prioneris* semblent, dans plusieurs cas, mimer celles du genre *Delias*, et que « dans tous les cas les paires qui se ressemblent habitent le même district, et très souvent proviennent de la même localité ». Le parallélisme est encore plus accentué que Wallace l'avait indiqué, car il n'existe aucune espèce connue de *Prioneris* qui ne ressemble à une espèce de *Delias*, de sorte qu'on ne peut attribuer réellement aux *Prioneris* un aspect propre.

Le *Prioneris clemanthe* et le *Delias agostina* forment une paire habitant l'Himalaya, la Birmanie et l'Inde transgangétique. Dans la même région, on trouve le *Prioneris thestylis* et le *Delias belladonna*, dont la similitude frappante, spécialement à la face inférieure et chez la femelle, avait attiré l'attention de Wallace. Un cas encore plus remarquable est celui du *Prioneris sita* de l'Inde méridionale et de Ceylan, dont la ressemblance avec le *Delias eucharis* commun des Indes est qualifiée de « parfaite » par Wallace, tandis que Fruhstorfer, malgré ses préventions, certifie le fait que les *Prioneris* volent toujours de compagnie avec les *Delias* et reposent absolument comme ces derniers, les ailes fermées, sur les fleurs rouges de *Lantana*. Le *Prioneris hypsipyle* de Sumatra et le *P. autothisbe* de Java sont semblables aux *Delias egialea* et *crithoe* de ces mêmes îles. Ici encore, Fruhstorfer signale que le *P. autothisbe* visite les fleurs de *Cinchona* « toujours en compagnie du *Delias crithoe* de même coloration ». Wallace avait remarqué l'étroite analogie du *Prioneris cornelia* de Bornéo et du *Delias singhapura* de la Péninsule malaise ; dans ce cas,

notons-le, les localités, quoique peu distantes, ne sont pas identiques. Mais une forme de *Delias*, inconnue au moment de la publication du mémoire de Wallace, a été découverte depuis lors à Borneo, et ce dernier papillon, le *D. indistincta*, est encore plus exactement copié par le *P. cornelia* que le *Delias* qui attira le premier l'attention du naturaliste anglais. Le *Prioneris vollenhovii* de Bornéo est une sorte de compromis entre le *Delias indistincta* et le *D. pandemia* de la même île, et l'on peut ajouter qu'une autre Piérine bornéenne, l'*Huphina pactolica*, est une bonne copie du *Delias indistincta*, ressemblant ainsi à la fois aux *Prioneris cornelia* et *vollenhovii* de Bornéo.

Le mémoire, publié en 1867, dans lequel Wallace remarquait le parallélisme entre les *Prioneris* et les *Delias*, contenait une prédiction remarquable. Parlant du *Pieris* (appelé aujourd'hui *Huphina*) *laeta* de Timor, Wallace dit « qu'il se distingue tellement du genre de coloration de ses alliés et se rapproche si près de celui du *Thyca* (*Delias*) *belisama* de Java, qu'on doit s'attendre à découvrir à Timor un parent de cette dernière espèce qui lui serve de modèle ». Trente-quatre ans après, M. Doherty a découvert à Timor le parent du *Delias belisama* qui s'avère immédiatement comme le modèle dont dérive la coloration particulière et brillante de l'*Huphina laeta*. Fruhstorfer, qui n'a aucune sympathie pour la théorie du mimétisme, dit de ce *Delias*, nommé *splendida* par Lord Rothschild, qu'en dessous il est « semblable à s'y tromper à l'*Huphina laeta* ».

Mais il y a plus curieux encore. L'aile antérieure noire avec son apex jaune et l'aile postérieure jaune orangé avec sa bande costale écarlate bordée de noir sont présentes simultanément à la face inférieure des *Delias* et de l'*Huphina ;* mais ce dernier papillon possède, en plus de ces caractères, une rangée de taches marginales écarlates sur l'aile postérieure qu'on ne retrouve pas sur les *Delias*. Malgré cette divergence, la ressemblance est assez frappante. Mais, de la même île de Timor, Doherty a envoyé un autre *Delias*, qui, tout en ressemblant au *D. splendida*, possède une rangée de taches écarlates dans une situation correspondant à celle qu'on observe sur l'*H. laeta*. Chez ce dernier *Delias*, nommé par Lord Rothschild *dohertyi*, la bande costale écarlate brillante est, par contre, complètement absente. L'*Huphina* ressemble donc plus à d'autres espèces de *Delias* que ces espèces entre elles ; elle forme un lien entre celles-ci. Si nous adoptons la terminologie du Prof. Poulton, et si nous considérons ce fait comme un cas de mimétisme, nous pouvons donc dire qu'une forme est capable de posséder en même temps les aposèmes appartenant à deux modèles distincts. Sans m'arrêter maintenant à discuter le rapport de ce cas avec les théories courantes, je remarquerai seulement que, le mimétisme étant admis, l'ensemble *D. splendida-H. laeta-D. dohertyi* tire avantage de l'action de mélange de l'*H. laeta* intermédiaire.

Cet ensemble de faits serait déjà suffisamment curieux par lui-même. Mais il n'est pas unique. A Lumbock, à Sumbawa et à Flores, existe un autre membre du groupe particulier des *Huphina* auquel appartient l'*H. laeta*. Ce papillon, l'*H. temena*, ressemble à beaucoup d'égards à l'*H. laeta ;* il possède à la face inférieure de l'aile postérieure un bord costal écarlate et une rangée de taches marginales écarlates semblables à celles de cet insecte. L'aile antérieure, par contre, diffère de celle de l'*H. laeta* par un fond non uniformément noir, mais divisé en une teinte sombre vers les veines, une bande sous-marginale sombre et une série de raies et de taches pâles dans les espaces entre les veines. Une question se pose aussitôt : Y a-t-il une relation entre l'*H. temena* et une ou plusieurs espèces de *Delias* correspondant à celle qui existe entre l'*H. laeta* et les *Delias splendida* et *dohertyi ?* La réponse est affirmative. Le *Delias oraia* et le *Delias sumbawana*, deux espèces habitant les trois mêmes îles que l'*H. temena*, forment avec elle un ensemble tout à fait comparable avec la première triade de Timor. Les points par lesquels l'*H. temena* diffère de l'*H. laeta* ont, en outre, leur contre-partie dans les distinctions entre le *D. oraia* et le *D. splendida* d'une part, le *D. sumbawana* et le *D. dohertyi*, d'autre part. Ces points sont principalement, dans l'ensemble *temena :* la bande costale bordée de noir moins définie, la bordure noire plus fortement marquée des taches écarlates submarginales et l'aile antérieure diversement colorée (comparée avec l'aile uniformément noire des papillons de Timor).

De plus, dans l'île de Bali, l'*Huphina tamar* paraît combiner certains traits de deux espèces de *Delias* d'une façon analogue à l'*H. laeta* et à l'*H. temena* précédemment considérés. La face inférieure, dans l'ensemble, rappelle le *D. periboea*, membre, comme le *D. dohertyi* et le *D. sumbawana*, du groupe *eucharis* ou *hyparete* de ce genre ; tandis que le bord costal rouge suggère l'influence à Bali d'un représentant du groupe *belisama*, comme le *D. splendida* et le *D. oraia* dans les autres îles.

Enfin, dans l'île de Sumba, on rencontre un

autre membre de ce groupe remarquable des *Huphina*, l'*H. julia;* ce papillon ressemble si étonnamment au *Delias fasciata* de la même île que Fruhstorfer lui-même est contraint de l'appeler une « copie fidèle » de cet insecte. Mais ici encore il faut noter qu'un des caractères les plus évidents de l'*Huphina* est absent chez les *Delias*. Ce n'est plus, cette fois, comme chez le *D. splendida*, la rangée submarginale de taches écarlates qui fait défaut à la face inférieure de l'aile postérieure, mais la bande costale écarlate. L'*Huphina julia* a été découvert par Doherty en 1887 et décrit en 1891. Il est intéressant, à la lumière de ce qu'on sait aujourd'hui de la faune de papillons des petites îles Sunda, de lire ce que Doherty pensait du mimétisme des formes de *Delias* et d'*Huphina* que nous venons de mentionner. Parlant de l'*H. julia*, il dit : « Si elle existait seule, je supposerais certainement que c'est une imitation de quelque forme de *Delias hyparete* non encore découverte dans l'île. Mais il faudrait expliquer de la même façon l'*H. laeta* et l'*H. temena*, et, tandis qu'il est possible que quelque *Delias* de Timor ressemble à l'*H. laeta*, je suis sûr que l'*H. temena* ne peut avoir une semblable origine. Il faut donc admettre que ce groupe est moins pressé par ses ennemis dans les îles timoriennes, et qu'il a pu ainsi acquérir de plus brillantes couleurs que ses alliés. »

Quelle que soit la valeur de cette dernière hypothèse, nous venons de voir que les faits sur lesquels elle se base sont inexistants, car : 1° « la forme de *Delias hyparete* alors inconnue » a été découverte en la personne du *D. fasciata ;* 2° il n'est pas seulement possible, mais c'est aujourd'hui une réalité, que « quelques *Delias* de Timor ressemblent à l'*H. laeta* » ; 3° M. Doherty « est sûr que l'*H. temena* ne peut avoir une telle origine », mais le *D. oraia* et le *D. sumbawana* ont juste le même rapport avec l'*H. temena* que le *D. splendida* et le *D. dohertyi* avec l'*H. laeta*. Ces faits étant donnés, il n'est pas téméraire de supposer que l'absence apparente d'un modèle pour le bord costal rouge de l'*H. julia* pourra être expliquée plus tard.

*
* *

Des trois cas d'association mimétique possible que nous avons signalés ci-dessus, un seul, le premier, a été antérieurement traité en détail. Le nombre de cas plus ou moins analogues pourrait être beaucoup accru; mais, pour le but que nous nous proposons, il nous suffira de restreindre notre attention à ceux qui précèdent.

Il est probable que, pour quelques esprits, les faits exposés sont simplement de curieuses coïncidences, qui ne nécessitent aucune explication; mais il serait injuste de supposer que, pour la plupart de ceux qui étudient la Nature, les phénomènes observés n'appellent pas quelque essai d'interprétation ; et, en passant en revue les faits, il paraît clair que l'élément géographique doit entrer pour une grande partie dans toute tentative d'explication. Dans l'ensemble, les formes qui sont supposées reliées par le mimétisme habitent certainement les mêmes localités : les *Prioneris* continentaux, par exemple, ressemblent aux *Delias* continentaux, et les *Prioneris* insulaires rappellent les *Delias* des îles, et non des continents. Plus encore, nous voyons les différences entre les *Delias* de Timor, de Sumbawa et de Sumba se réfléchir chez les *Huphina* associés des mêmes îles. Si l'on admet que l'élément géographique est un facteur, il est naturel de rechercher comment il agit.

Il est sans doute vrai que les conditions géographiques extérieures sont capables à l'occasion de produire, directement ou indirectement, une communauté d'aspect chez les animaux ou les plantes exposés à leur influence. On peut en donner comme exemples : la prédominance d'une teinte couleur de sable chez les Mammifères et les Oiseaux des déserts et de la coloration blanche chez les habitants des neiges arctiques, le caractère épineux si fréquent chez les plantes des régions arides et le nanisme général de la végétation qui croît près du bord de la mer. A première vue, ces phénomènes peuvent sembler des effets directs du milieu; quelques-uns en sont sans doute, mais peu d'observateurs nieront qu'ils sont au moins en grande partie adaptatifs, étant utilisés dans un but d'agression ou de défense. Toutefois, même si nous admettons l'effet direct du milieu, comme il faut sans doute le faire dans le cas des végétaux, pouvons-nous bâtir sur l'action des conditions géographiques une hypothèse qui conduise directement à l'explication d'un modèle commun pour nos 3 ou 4 papillons de la Nouvelle-Guinée? J'avoue que je m'en sens incapable. Si le climat, ou le sol, ou toute autre condition géographique existant en Nouvelle-Guinée est capable d'induire directement une combinaison de couleurs aussi remarquable que celle que nous observons chez ces Piérines et Nymphalines, pourquoi n'affecte-t-elle pas d'autres organismes d'une façon analogue? Pourquoi d'autres Piérines, par exemple, étroitement reliées aux *P. ornytion* et *abnormis*, ne partagent-elles pas la même coloration? Et, en considérant l'aspect caractéristique de la face inférieure, dont l'origine résiderait dans quelque condition inexpliquée particulière à la Nouvelle-

Guinée, on est fondé à se demander : Pourquoi ses traits les plus évidents appartiennent-ils dans un cas à l'aile antérieure, et dans l'autre à l'aile postérieure, et *vice versa*, l'effet général étant le même?

Fruhstorfer n'a ressenti aucune de ces difficultés : « Plusieurs Piérides — dit-il — présentent des exemples typiques de cette ressemblance avec d'autres papillons qui a été appelée *mimétisme*. L'origine de cette ressemblance s'explique aujourd'hui par l'hypothèse que les imitateurs sont modifiés par les mêmes influences (encore inconnues) sous l'effet desquelles la coloration des modèles, des Danaïdes pour la plupart, s'est développée. » On reconnaîtra généralement que ce renvoi à des « influences inconnues » ne saurait constituer une explication.

Il est nécessaire de faire intervenir le fait que les ressemblances dont nous parlons sont indépendantes des différences de structure; en réalité, la plupart sont superficielles. Si j'en avais le loisir, j'en pourrais donner une démonstration beaucoup plus complète. Mais, en me basant simplement sur les cas que j'ai rapportés ci-dessus, j'estime qu'on peut, sans grande difficulté, tirer la conclusion que ces ressemblances sont *un appel à la vision*. Elles existent pour être *vues*, quoiqu'on puisse discuter par qui et dans quel but.

Les spéculations sur la reconnaissance et l'attraction sexuelle ne me paraissent pas de saison ici; reste la théorie des colorations prémonitrices, en rapport avec l'attaque par des Vertébrés ennemis. Les plus frappants et les plus en vue de ces aposèmes ou signaux de danger se trouvent à la face inférieure des ailes, c'est-à-dire la partie principalement exposée à la vue pendant le repos; on peut en conclure que les ennemis contre lesquels la protection a été établie sont surtout ceux qui attaquent les papillons, non pendant le vol, mais lorsqu'ils se posent. On sait que les oiseaux et les singes se nourrissent de papillons, et les travaux de Marshall, Swynnerton et Carpenter ont montré qu'ils préfèrent certains d'entre eux à d'autres.

Si l'interprétation de ces ressemblances par les colorations prémonitrices est exacte, nous saisissons immédiatement pourquoi elles sont aussi indépendantes de la structure et des affinités. Etant destinées à frapper l'œil, elles sont grossièrement distribuées sur des caractères moins apparents, comme la nervulation, et elles ne respectent pas plus que la nature des choses ne les y oblige les liens de la parenté.

De plus, il est facile à comprendre pourquoi elles apparaissent dans les mêmes localités et non en des lieux très éloignés; dans quelques cas, comme nous l'avons vu, les porteurs de ces ressemblances volent de compagnie et fréquentent les mêmes fleurs; or leur aspect commun, à supposer qu'il soit en quelque mesure protecteur, n'aurait d'effet que s'ils sont exposés aux attaques du même groupe d'ennemis, autrement dit s'ils habitent les mêmes localités. Et ceci serait vrai aussi bien si les colorations prémonitrices sont partagées par des formes à goût désagréable que si elles ont été adoptées dans un but de dissimulation par des formes non protégées par leur inédibilité.

La théorie des colorations prémonitrices donne donc une explication rationnelle, à la fois du caractère superficiel des ressemblances et du facteur géographique de leur distribution. Mais elle implique forcément la réalité de la sélection naturelle, et c'est ici que quelques-uns sont enclins à fausser compagnie aux partisans de la théorie.

J'ai déjà rappelé qu'il existe aujourd'hui beaucoup de preuves positives que les papillons sont mangés et que leurs ennemis montrent des préférences pour les uns par rapport aux autres. Or on a élevé plusieurs fois l'objection que la destruction des papillons par les oiseaux et d'autres ennemis n'est pas suffisante pour mettre en jeu le processus de la sélection. On va même plus loin : « Les papillons sont mangés, dites-vous? Mais je croyais que vous souteniez qu'ils sont protégés! » C'est un excellent dilemme, mais le dilemme n'est pas une forme d'argument convaincante. Si l'on voulait répondre par un autre dilemme, on pourrait dire : « Les papillons sont dévorés ou ils ne le sont pas. S'ils le sont, une voie est ouverte à la sélection. S'ils ne le sont pas, cela prouve qu'il existe quelque forme de protection. »

Mais la vérité, en ces matières, c'est que les goûts et les répugnances des animaux insectivores, ainsi que les moyens de protection adoptés par leurs proies, ne sont pas absolus, mais relatifs. Un oiseau, qui rejettera un insecte dans certaines circonstances, le capturera dans d'autres ; il dédaignera, par exemple, un insecte A s'il peut obtenir un insecte B, mais il se nourrira de A s'il n'a rien d'autre à sa disposition ; et il est probable qu'il n'y a guère d'insecte entièrement à l'abri de l'attaque d'un ennemi quelconque.

On admet d'ailleurs bien la nature relative de la protection quand il s'agit non de mimétisme ou de couleurs prémonitrices, mais de ressemblance protectrice avec des objets inanimés. Tous

les degrés de déguisement, depuis les plus rudimentaires jusqu'aux plus parfaits, sont employés; on admet que les degrés inférieurs peuvent être de quelque utilité, mais, d'autre part, un déguisement qui fait presque complètement illusion peut être pénétré dans certains cas.

Ces considérations s'appliquent aussi à l'objection que les premiers commencements de l'assimilation mimétique ne peuvent avoir aucune valeur sélective. Si la ressemblance grossière avec un objet inanimé fournit quelque élément de protection, même relativement minime, pourquoi n'en serait-il pas de même de la première tentative, de la part d'un imitateur, d'un rapprochement vers l'aposème ou la couleur prémonitrice de son modèle? On peut se placer sur le terrain qu'aucune espèce de ressemblance n'est utile; mais il n'y a aucune raison d'affirmer qu'elle procure un bénéfice dans un cas, et pas dans l'autre. Il y a d'autres considérations qui tendent à diminuer la valeur de cette dernière critique : le fait, par exemple, qu'une ressemblance avec une forme peut servir de transition pour la ressemblance avec une autre; ou encore l'existence de groupes de formes d'affinités variables, mais personnifiant une transition par des gradations légères d'un extrême à un autre. Dans un cas de ce genre, l'objection qui pourrait valoir pour deux termes de la série choisis arbitrairement ou accidentellement n'a plus de fondement quand on considère tout l'ensemble.

On a accordé récemment une très grande attention au fait que, parmi les variations individuelles, les unes sont transmissibles par hérédité, les autres non; ces dernières comprennent généralement les modifications somatiques directement provoquées chez les individus par les conditions de milieu. Pour le but que nous nous proposons, il est inutile de discuter si d'autres sortes de variations rentrent dans la même catégorie. Mais, en ce qui concerne les variations indubitablement transmissibles, ou mutations si on préfère les désigner ainsi, tout le monde s'accorde en général à reconnaître qu'elles ne sont pas nécessairement grandes au total. Il semble exister, en réalité, une gradation complète entre une divergence du type assez faible pour être à peine observable et une divergence assez frappante pour s'élever au rang de « sport » ou de monstruosité. Et nous savons maintenant que, là où une relation mendélienne existe entre deux formes, aucun degré de croisement ne peut abolir l'un des types; les intermédiaires, une fois formés, ne sont pas permanents, et si l'un des types prédomine sur l'autre, c'est par voie de sélection, naturelle ou artificielle.

En me basant sur ces considérations, je me permets de penser qu'il n'y a aucune raison de mettre en doute l'influence de la sélection naturelle sur la production des ressemblances remarquables que nous avons décrites. On peut donner sans doute d'autres interprétations, mais elles impliquent l'ignorance d'un ou plusieurs des faits observés. On peut aussi revendiquer pour les théories de Wallace, de Bates et de Muller, qui reposent également sur une base faite d'observations et d'expériences, une explication plus adéquate des faits. Enfin il est toujours possible de nier qu'une explication soit susceptible d'être atteinte, ou d'affirmer que nous devons nous contenter de l'exposé des faits sans chercher à en dévoiler les causes. Mais une telle attitude de l'esprit n'est pas scientifique. Il est tout à fait exact qu'avant d'accepter la validité d'une généralisation quelconque, il faut saisir toutes les occasions de la vérifier déductivement. Les auteurs de la théorie du mimétisme en sont pleinement persuadés, et ils ont beaucoup travaillé à éprouver de cette manière les diverses conclusions sur lesquelles repose la théorie. La vérification n'est pas complète, et ne le sera peut-être jamais; mais chaque étape successive augmente la probabilité de son exactitude. Aujourd'hui il est du devoir de quiconque en a l'occasion de remplir, dans la mesure de ses moyens, les lacunes qui existent encore dans la chaîne des preuves. Il y a là un champ d'études particulièrement plein de promesses pour les naturalistes qui résident dans les régions tropicales[1].

F. A. Dixey,

Membre de la Société Royale de Londres,
Lecturer à l'Université d'Oxford.

1. Extrait du Discours d'ouverture de la Section de Zoologie au Congrès de Birmingham de l'Association britannique pour l'avancement des Sciences.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Silberstein (L.). — **Elements of Vector Algebra.** — *1 vol. in-8° de 42 p. avec 12 fig. (Prix cart. : 5 sh.). Longmans, Green and Co., éditeurs, 39, Paternoster Row, London,* 1919.

Cet opuscule contient les éléments de Calcul vectoriel qui sont utiles pour comprendre plus facilement un autre ouvrage de l'auteur sur la construction des rayons dans un système optique[1] (*Simplified method of tracing rays...* Longmans, London, 1918). L'auteur donne les formules ordinaires sur les produits de vecteurs, leur développement en coordonnées cartésiennes. Il ajoute un chapitre intéressant sur la fonction linéaire vectorielle. Par malheur il donne à cette étude une généralité qui lui enlève de sa simplicité et empêche de voir immédiatement les rapports avec les fonctions linéaires algébriques. Les notations sont claires et simples, mais là encore elles gagneraient à calquer de plus près les notations algébriques usuelles, comme dans le *Calcul vectoriel* de J. Coffin[2] (Gauthier-Villars, 1914). C'est en somme un excellent résumé des formules usuelles.

ALEX. VÉRONNET.

Loche (L.-E.), *Ingénieur (A. et M.), Chef des Etudes de locomotives à la Cie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée (en retraite).* — **Des mécanismes élémentaires.** — *1 vol-in-8° de XII + 257 pages avec 395 figures (Prix : 15 fr.). H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, Paris,* 1919.

M. Loche a réuni une importante collection de croquis schématiques de mécanismes qu'il a groupés suivant la vieille classification de Monge. Son travail est analogue aux tableaux qui accompagnent les leçons de Bour et aux « *505 mouvements* » de Brown (édités à Liége), mais la documentation est plus riche. L'auteur n'a aucune prétention à l'esprit critique. Certes beaucoup de ses mécanismes dérivent de chaînes cinématiques identiques tout en présentant des aspects différents, et il est essentiel que le jeune mécanicien soit habitué à n'être pas dupe d'une illusion. Mais il n'est pas mauvais de familiariser préalablement le débutant avec les formes les plus fréquemment employées, avec leur rôle fonctionnel et avec la terminologie spéciale. Faute de quoi, tout effort de réflexion travaillerait à vide.

Les croquis de M. Loche sont clairs et le texte est d'une lecture facile. Les élèves des écoles d'apprentissage auront profit à s'assimiler la substance de son petit livre, comme préliminaire à une étude approfondie des mécanismes, pour laquelle d'ailleurs les guides qui méritent confiance n'abondent pas.

A. BOULANGER,
Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers.

2° Sciences physiques

Varlot (J. G.). — **Traité théorique et pratique de la coloration du papier par les matières colorantes dérivées du goudron de houille.** — *1 vol. in-18 de 124 pages (Prix cart. : 9 fr.). Ch. Béranger, Paris et Liége,* 1919.

Cet ouvrage s'adresse aux spécialistes en papeterie, mais sa lecture peut pourtant intéresser ceux qui s'occupent de teinture en général. Sous un petit volume, il renferme un très grand nombre de renseignements. La teinture du papier n'est pas identique à celle de la cellulose pure. En effet, il contient de la cellulose souvent imprégnée de matières incrustantes, qui lui communiquent des propriétés spéciales pour la teinture. De plus, il renferme souvent des matières minérales : sulfate d'aluminium, de baryum, de calcium, kaolin, etc., et des substances organiques comme de la résine. D'autre part la cellulose subit des modifications dans la préparation de la pâte. L'auteur examine ces différents points. Il s'occupe ensuite des mordants, dont les uns font partie intégrante des papiers et dont les autres sont ajoutés en vue de la teinture comme les matières tannantes.

Une des parties les plus intéressantes du livre est celle qui passe en revue les colorants employés en papeterie et leurs propriétés spécifiques. L'auteur guide les papetiers dans le choix des colorants pour les papiers chinés, buvards, d'affichage, de tenture, d'emballage des aiguilles, etc. Les colorants acides n'ont pas d'affinité pour les fibres cellulosiques, mais teignent bien les pâtes mécaniques encore imprégnées de matières incrustantes. On ne les emploie guère que pour le papier collé. Les colorants basiques doivent être fixés avec des matières tannantes quand le papier n'est pas collé. Les charges comme le kaolin les absorbent facilement. Les papiers buvards, qui ne contiennent plus de matières incrustantes et qu'on ne saurait traiter au tannin, sont teints par les colorants diamines (colorants substantifs). L'emploi des colorants cryogènes est plus délicat. L'indanthrène et ses dérivés sont employés pour l'azurage du papier. L'ouvrage contient en outre une méthode élémentaire d'analyse des colorants sur papiers.

De courtes considérations physiques et physiologiques sur la couleur terminent cet exposé.

JH. MARTINET.
Chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Besançon.

3° Sciences naturelles

Sée (Dr Pierre). — **Les maladies du papier piqué.** — *1 vol. in-8° de 168 p. et 17 planches (Prix : 6 fr.). O. Doin et fils, Paris,* 1919.

L'auteur apporte à l'étude du papier piqué la sollicitude du médecin qui cherche le traitement préventif et curatif des maladies. Le tissu du papier piqué est envahi par des Champignons, comme les tissus animaux dans les mycoses. Il s'agit donc d'altérations d'un autre ordre que les ravages causés dans les bibliothèques par les Insectes ou les Rongeurs.

On a récolté sur le papier ou le carton environ cent cinquante espèces de Champignons. Eliminant les moisissures développées sur la colle et les diverses matières souillant le papier et qui n'ont envahi que secondairement ce dernier, M. Pierre Sée n'en retient que vingt-sept observées directement sur les taches centrées par un point analogue à une piqûre, isolées, cultivées sur des milieux aseptiques et reproduisant l'altération caractéristique sur du papier intact.

Les moisissures les plus fréquentes du papier piqué sont cinq espèces de *Stemphylium*, le *Cladosporium herbarum*, trois *Chaetomium*, puis un *Stachybotrys*, deux *Fusarium*, quatre *Alternaria*, un *Stysanus*, un *Acrostalagmus* et le *Torula Chartarum*. Plus rares sont un *Spicaria*, un *Cephalothecium*, un *Myxotrichum*, un *Dematium*, deux *Aspergillus* et un *Nocardia*. Ces espèces sont décrites et figurées dans dix-sept planches originales.

Les taches varient de couleur s on la nature du

1. Voir la *Revue gén. des Sc.* du 15 avril 1919, t. XXX, p. 219.
2. *Ibid.*, 15 juin 1915, p. 349.

pigment qui diffuse autour de la colonie incrustée dans ce papier.

Les germes des Champignons papyricoles peuvent être apportés par les poussières ou les doigts; mais la plupart sont déjà incorporés au papier avec les matières premières, l'eau, etc., au cours de la fabrication du papier et attendent de longues années l'humidité propice à leur développement.

La prophylaxie des maladies du papier piqué incombe en première ligne aux papetiers, qui ne doivent employer que des matériaux stériles ou stérilisés au cours de la fabrication. L'auteur précise les causes de contamination que l'on doit prévenir ou annuler dans les papeteries selon la nature, la provenance et les manipulations des matières premières. Le papier terminé sera protégé par l'hygiène des entrepôts, des librairies, des bibliothèques.

Le procédé curatif le plus efficace est l'emploi des vapeurs de formol.

Ce livre intéressera les fabricants de papier autant que les bibliophiles et les botanistes.

Paul Vuillemin,
Professeur à la Faculté de Médecine de Nancy.

Bayliss (W. M.), *Professeur de Physiologie générale à University College, Londres.* — **An introduction to general Physiology, with practical exercises** (Introduction a la Physiologie générale avec exercices pratiques). — *1 vol. in-8° de XIV-238 pages avec 20 fig. (Prix cart.: 7 s. 6 d.). Longmans, Green and Co., éditeurs, Londres,* 1919.

Le nouvel ouvrage publié par le Professeur Bayliss comprend deux parties : un exposé et des travaux de laboratoire, chacune des parties se divisant en 7 chapitres : Vie et Energie; Digestion des aliments et Respiration; Travail et Muscles; Excitation et Sens; Organisation et Système nerveux; Transports matériels et Circulation; Croissance et Reproduction; chacun des chapitres de la seconde partie renferme les données expérimentales destinées à illustrer les faits exposés dans le chapitre correspondant de la première partie.

Un chapitre d'ailleurs ne forme pas un tout, dont les diverses parties sont unies par d'ingénieuses transitions, mais résulte de la juxtaposition de petits articles indépendants et complets, pouvant être extraits de l'ensemble sans cesser de former un tout homogène et pleinement satisfaisant. Le 5e chapitre de l'exposé, par exemple, renferme les tableaux, j'allais dire les portraits suivants : le réflexe; le neurone; l'action réflexe (inhibition et innervation réciproque); la fatigue; l'écorce cérébrale; les réflexes conditionnels; l'influx nerveux; le système nerveux viscéral, chacun de ces petits articles tenant 1, 2, 3, 4 pages, rarement plus.

Cet ouvrage, nous dit M. Bayliss en sa préface, a été écrit pour les débutants; il représente par conséquent la réalisation d'une tentative d'enseignement au premier degré, qui est bien en Biologie l'œuvre la plus difficile qui soit et que ne peuvent aborder avec quelque chance de succès que ceux qui sont bien en possession du sujet qu'ils traitent, tant au point de vue de la connaissance des faits que de la juste appréciation de leur importance relative et absolue.

M. Bayliss s'est tout d'abord appliqué, et avec un soin extrême, à omettre tout ce qui n'était point nécessaire, et quiconque a eu l'occasion d'écrire un livre d'enseignement élémentaire a pu reconnaître combien il est difficile, et pour de multiples raisons, d'avoir le courage d'omettre et de sacrifier largement. Il a omis les noms d'auteurs — ne conservant guère que les noms de Faraday, de Cl. Bernard, de Ludwig, — il a omis les théories, il a omis les discussions, il a omis les illustrations à peu près totalement. Il a insisté par contre sur quelques principes fertiles en conséquences doctrinales et en applications pratiques, qu'il a exposés avec une clarté merveilleuse, une précision rigoureuse, une netteté insurpassable.

Cette façon de procéder, comme le dit expressément M. Bayliss, paraîtra sans doute trop dogmatique à certains lecteurs; mais en vérité une telle opinion est parfaitement injuste quand l'auteur est M. Bayliss, car il suffit de lire attentivement un passage quelconque de son petit livre, pris au hasard, pour reconnaître qu'il n'avance rien qu'il n'ait soigneusement soupesé avant de l'admettre pour lui-même et avant de le proposer à ses élèves. Est-il bien vrai, du reste, que les hommes les plus catégoriques et les plus géométriques soient les plus tyranniques et les plus autoritaires; je crois bien que c'est tout le contraire et j'en ai une nouvelle preuve dans cette demande, qui dénote en l'auteur une parfaite modestie, et que je relève en sa préface : « les lecteurs qui pourraient trouver en quelque partie de l'ouvrage un manque de clarté sont priés d'aider l'auteur de leurs conseils ».

Tel est le plan général de l'ouvrage; tel est l'esprit qui l'a inspiré. Quand on retrouve, chez un collègue, sa propre conception de l'enseignement biologique par degrés successifs, sa propre défiance de l'érudition apparente qui se traduit par une floraison effrayante de noms d'auteurs et d'indications bibliographiques, son propre scepticisme à l'égard des théories vaines parce que dépassant les faits observés, on est poussé par quelque force mystérieuse à couvrir son collègue de fleurs, et si l'on résiste à l'ardent désir qu'on éprouve de lui adresser d'enthousiastes félicitations, c'est tout simplement par décence et pour ne se point vanter soi-même. C'est là la raison et la seule qui retient au bout de ma plume les éloges que je voudrais décerner à M. Bayliss.

Quelques personnes lui reprocheront peut-être d'avoir divisé son exposé en parties trop distinctes, trop indépendantes, en apparence tout au moins, les unes des autres. Je ne partage pas cette opinion. Le livre de M. Bayliss ne se doit pas lire comme un roman-feuilleton; il doit se méditer avec soin; et il est bon, pour que le débutant puisse utilement méditer, que le sujet de la méditation soit bien défini, bien limité, afin que l'esprit ne se laisse pas entraîner au loin, si loin que la méditation devient rêverie. D'ailleurs, l'ouvrage représente un ensemble de notes de cours, ou plus exactement peut-être une préparation au cours professoral, où le maître prendra soin de coordonner les notions diverses dont l'étudiant aura pris connaissance, et d'établir les liaisons grâce auxquelles ces parties d'un tout se réuniront en un groupement harmonieusement constitué.

L'ouvrage de M. Bayliss prépare, ai-je dit tout à l'heure, à suivre le cours, il ne prépare pas à l'examen tel qu'il existe présentement à peu près partout; il n'est pas l'aide-mémoire, banal, monotone, insipide, décourageant, qui engendre chez ceux qui l'apprennent le dégoût le plus profond de la discipline à laquelle il se rattache. Par son caractère de franche loyauté et de souveraine clarté, il ne saurait inspirer au lecteur qu'une respectueuse admiration pour la Physiologie générale.

En résumé, l'ouvrage que vient de faire paraître M. Bayliss me paraît excellent à tous les points de vue, et malgré tout le désir que j'aurais de trouver quelque reproche à lui adresser, pour donner plus de valeur à mes louanges, je n'y réussis pas. Espérons que les Anglo-Saxons et les Latins que nous sommes, nous nous entendrons pour opposer des œuvres scientifiques d'enseignement, réunissant les qualités de l'ouvrage de M. Bayliss, aux œuvres germaniques, où trop souvent, pour ne pas dire toujours, la science proprement dite est étouffée sous le poids de l'érudition la plus vaniteuse, de la bibliographie la plus touffue, des théories les plus outrées, des discussions les plus confuses. Pour cette œuvre de purification scientifique, à mon cher collègue Bayliss, je tends bien volontiers la main.

Maurice Arthus,
Professeur à l'Université de Lausanne.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 15 Décembre 1919

M. L. **Lumière** est élu membre de la Division des Applications de la Science à l'Industrie.

1° Sciences physiques. — M. G. **Friedel**: *Sur le calcul de l'intensité des rayons X diffractés par les cristaux.* L'auteur recherche une explication du fait que, dans la diffraction des rayons X par les cristaux, l'intensité diffractée croît avec la densité réticulaire du plan réflecteur. Il y arrive en recourant à la considération de la longueur moyenne du train d'ondes régulier, longueur qui doit être petite par rapport aux épaisseurs du cristal intéressées. En appliquant son calcul au cas envisagé par MM. Bragg (longueur d'onde unique et constante, réflexion sur une face parallèle au plan réflecteur P, et mesure simultanée de l'intensité I et de l'angle θ que fait le rayon incident avec le plan P pour les spectres des divers ordres successifs), il montre que l'intensité doit être proportionnelle à $1/\sin^2\theta$, ce qui est la loi empirique trouvée par Bragg. Dans le cas des radiogrammes ordinaires (faisceau normal à une lame taillée dans une direction quelconque du cristal, spectre continu), l'auteur montre qu'on doit avoir un maximum dans certaines conditions, lequel s'observe, en effet, dans la plupart des radiogrammes. — M. E. **Ariès** : *Sur une nouvelle amélioration de l'équation d'état des fluides.* L'auteur montre qu'il est possible d'améliorer encore son équation d'état des fluides :

$$p = \frac{RT}{v - \alpha} - \frac{\varphi}{(v + \beta)^2},$$

— dans laquelle φ, α et β sont trois fonctions de la température, la première étant de la forme $\varphi = K/T^n$, — qui perd de son exactitude aux températures voisines de l'état critique. Pour cela, il suffit de remplacer la fonction φ par une autre, qui sera l'exposant n lui-même, considéré comme fonction de la température. — M. Ed. **Fouché** : *Sur une équation caractéristique appropriée à l'air atmosphérique.* A l'aide de l'équation qu'il a précédemment donnée (t. XXX, p. 725), l'auteur calcule un certain nombre de données relatives à l'air atmosphérique : tensions de vapeur, chaleurs de vaporisation, chaleurs spécifiques, chaleur et entropie dans les évolutions à pression constante, etc., qui permettent de résoudre des problèmes qui, sans la connaissance d'une équation caractéristique appropriée, resteraient insolubles. — M. P. **Jolibois** : *Sur une nouvelle méthode d'analyse physico-chimique des précipités. Application à l'étude des phosphates de calcium.* Soient deux solutions salines A et B susceptibles par leur mélange de donner un précipité P. Si le mélange, effectué au moyen de l'appareil décrit par l'auteur (voir t. XXX, p. 755), est plus rapide que la formation de P, on obtient de la sorte un précipité qui a pris naissance dans des conditions constantes. En faisant varier les rapports des concentrations de A et B et en mesurant pour chacun des rapports la composition de P, on peut étudier les variations de la constitution de P en fonction des liquides précipitants. En appliquant cette méthode aux mélanges d'eau de chaux et d'acide phosphorique, l'auteur a pu caractériser et préparer un nouveau phosphate de chaux défini, intermédiaire entre le phosphate dicalcique et le phosphate tricalcique. — M. A. **Recoura**: *Sur une nouvelle forme complexe du sulfate chromique.* L'auteur a préparé une nouvelle forme de sulfate chromique complexe, dans laquelle la totalité de l'acide sulfurique est dissimulée. On l'obtient en précipitant par un excès d'alcool à 96° une solution vieillie de sulfate chromique violet normal arrivée à l'état d'équilibre ; il se dépose une poudre gris lilas qui, peu complexe à l'origine, se transforme spontanément en quelques heures en un sulfate totalement complexe, de même couleur ; il perd simultanément 2 mol. d'eau. — MM. **Léon Bertrand** et **A. Lanquine** : *Sur les relations entre la composition chimique, la structure microscopique et les qualités céramiques des argiles.* La présence d'alcalis dans les argiles (silicates hydratés d'alumine) est attribuée couramment à la présence de paillettes de micas ; les auteurs ont reconnu au microscope que celles-ci ne s'y trouvent que très exceptionnellement. D'autre part, ils ont constaté qu'il n'existe aucune relation rigoureuse entre le caractère plus ou moins maigre ou gras d'une argile et les proportions respectives de SiO^2 et de Al^2O^3 qu'elle contient. Certaines argiles, riches en SiO^2, sont anormalement grasses parce que leur silice libre est à l'état colloïdal ou bien sous la forme de grains quartzeux extrêmement fins ; d'autres argiles riches en paillettes cristallines de kaolinite sont anormalement maigres. La composition chimique d'une argile ne suffit donc absolument pas à donner une présomption sérieuse sur ses qualités céramiques.

2° Sciences naturelles. — M. H. **Douvillé** : *Les Cyclostègues de d'Orbigny.* D'Orbigny a institué un ordre des Cyclostègues pour les Foraminifères présentant un développement annulaire : *Cyclolina, Orbitolites, Orbitolina* et *Orbitoides.* L'auteur montre que la forme cyclostègue doit être considérée comme résultant seulement d'un mode de croissance particulier, dépendant probablement d'un genre de vie spécial, et il ne faut y voir qu'un effet de convergence. C'est un caractère secondaire, et il est nécessaire d'avoir recours aux premières phases du développement pour établir les affinités réelles des différents types. C'est le travail que l'auteur a effectué pour les groupes des Orbitolites et des Orbitoïdes. — M. G. **Bonnier** : *Semis comparés à une haute altitude et dans la plaine.* L'auteur a établi dans les Pyrénées, à 2.000 m. d'altitude, et dans la plaine, à Fontainebleau, sur le même sol, des semis de plantes, dans le but de rechercher si l'adaptation au climat alpin se manifesterait déjà par quelques indications au début du développement. Il a observé les suivantes : diminution de taille des plantes, de la grandeur des feuilles, forme plus arrondie des feuilles, plus grande abondance du feutrage ou duvet de poils protecteurs sur les tiges et feuilles, production plus intense d'anthocyane, etc. Dès le début de l'évolution des plantes se manifeste donc déjà une notable adaptation au climat alpin. — M. R. **Anthony** : *Le déterminisme de la lobulation du rein chez les Mammifères.* La lobulation rénale que l'on observe chez quelques types mammaliens, à l'âge adulte, est une conséquence géométrique de l'augmentation de la surface sécrétante du rein sous l'influence des causes qui la déterminent, à savoir : 1° toutes les conditions susceptibles d'intensifier la sécrétion rénale (habitat sous de froids climats, vie aquatique, absence de glandes sudoripares, etc.) ; 2° le volume somatique. — M. A. **Pézard** : *Castration alimentaire chez les coqs soumis au régime carné exclusif.* L'auteur montre qu'il convient de ne plus attribuer à l'influence directe du régime alimentaire les variations du dimorphisme sexuel que présentent les coqs carnivores. La vérité est que le régime exclusivement carné détermine une intoxication lente de l'organisme, à laquelle les glandes génitales ont été particulièrement sensibles. Celles-ci, dans plusieurs cas, n'ont pu résister et se sont atrophiées graduellement ou ne se sont pas développées. Il s'est alors produit, secondairement, les modifications bien connues, consécutives à la castration. — M. R. **Bayeux** : *La toxicité urinaire et ses*

modifications par les injections hypodermiques d'oxygène pendant un séjour prolongé à l'Observatoire du Mont-Blanc. 1° A la haute altitude, les urines les plus toxiques sont celles de la journée; cela prouve que les combustions organiques y sont insuffisantes pour le moindre effort, et cela explique le besoin de sommeil qu'on y éprouve. 2° L'ascension du Mont-Blanc donne lieu à une toxicité maxima, car l'ascensionniste y subit l'action d'une grande fatigue ajoutée à la diminution progressive de la pression barométrique. 3° Au Mont-Blanc, les injections d'oxygène atténuent la toxicité urinaire à toutes les heures. Leur action antitoxique apparaît dans les urines émises 7 h. après l'injection et dure environ 30 h. — M. **F. Bordas** : *Les souillures du lait.* L'auteur a expérimenté depuis plusieurs années, au point de vue de la propreté, les laits provenant des diverses régions alimentant Paris. Il a trouvé dans certains cas des laits possédant 1 gr. de matières excrémentitielles par litre, et une richesse bactérienne de 20 millions de germes au cm³. La disette de fourrage, et par conséquent la pénurie de litière, la malpropreté des bêtes laitières expliquent la quantité de souillures ainsi trouvées. Celles-ci font courir un danger croissant à la santé publique.

Séance du 22 Décembre 1919

Séance publique annuelle. M. **Léon Guignard** rappelle les noms et l'œuvre des Membres et Correspondants de l'Académie décédés pendant l'année écoulée. — M. le Secrétaire perpétuel proclame les noms des lauréats des Prix décernés par l'Académie en 1919. — M. **Em. Picard** prononce l'éloge de Lord Kelvin.

Séance du 29 Décembre 1919

1° Sciences physiques. — M. **Ch. Maurain** : *Sur la vitesse du vent dans la stratosphère.* L'auteur a dressé un tableau des vitesses moyennes du vent portant seulement sur des sondages ayant dépassé nettement la limite de la stratosphère, par exemple ayant été suivis jusqu'au-dessus de 15.000 m. Ce tableau indique un maximum de la moyenne des vitesses pour une altitude d'environ 11.000 m., c'est-à-dire voisine de la limite de la stratosphère. — MM. **Stapfer** et **Moleski** : *Remarques sur les chutes de neige.* Les situations atmosphériques favorables aux chutes de neige peuvent, pour la plupart, être classées en deux catégories : 1° *cas où la neige arrive toute formée des régions froides* : ce sont les cas où la circulation atmosphérique nous apporte des masses d'air des régions éloignées du N et du NE (fortes pressions au NW et faibles pressions au SE); 2° *cas où la neige se forme dans nos régions* : ce sont les cas où les courants des différentes hauteurs, provenant de régions très différentes, amènent au contact l'une de l'autre des couches d'air humide de l'W ou du S et des couches froides du N ou de l'E (en général pendant la période de transition entre deux régimes barométriques). — M. **H. Deslandres** : *Remarques sur la constitution de l'atome et les propriétés des spectres de bandes.* L'auteur, se basant sur deux mémoires récents de Coblentz, sur le spectre d'émission de l'azote dans l'infra-rouge, et de Lyman, sur le spectre du carbone dans l'ultra-violet extrême, a été amené à compléter et rectifier le tableau des fréquences dans les spectres de bandes de l'azote et du carbone. La loi d'après laquelle les fréquences des bandes maxima sont à peu près les multiples d'une même fréquence infra-rouge se vérifie ainsi avec une netteté plus grande. — M. **A. Blondel** : *Etude graphique du fonctionnement des audions à circuit résonant comme récepteurs sensibilisés ou comme désamortisseurs.* L'auteur a montré comment on peut représenter les oscillations libres entretenues par amplificateurs, en fonction des variables u (partie variable de la différence de potentiel aux bornes) et i (partie variable du courant dans la lampe), par des courbes déduites par une anamorphose géométrique en fonction de u de la courbe U et I déterminée dans le régime statique. Suivant l'inclinaison de la tangente de cette caractéristique au point moyen P, il y a amorçage ou stabilité. L'anamorphose par rapport à i (au lieu de u) permet d'étudier, d'autre part, les propriétés amplificatrices de l'appareil lorsque le coefficient de couplage est réglé au-dessous de la valeur qui produit l'amorçage, et qu'on provoque dans l'appareil des oscillations forcées par une f. é. m. alternative de même fréquence que celle qui correspond à la résonance de l'appareil. Deux cas sont à considérer, suivant qu'on fait agir cette f.é.m. dans le circuit de plaque ou dans le circuit de grille. — MM. **N. R. Dhar** et **G. Urbain** : *Tensions de polarisation du fer dans ses sels complexes.* Les auteurs ont déterminé, par différence avec une électrode de calomel, les tensions de polarisation du fer dans ses sels complexes. Ils ont obtenu les valeurs suivantes : $FeSO^4.7H^2O$, — 0,410; $Fe(CN)^6K^4$, — 0,164; $FeCl^3$, — 0,323; FeF^3, — 0,310; $Fe(C^2O^4)^3K^3$, — 0,016; $Fe(CN)^6K^3$, + 0,540. En général, la tension est d'autant plus grande que le complexe est plus voisin de l'état parfait. — M. **Eug. Wourtzel** : *Sur la constante de dissociation du peroxyde d'azote.* La valeur de cette constante, déterminée par la mesure de la concentration que subissent les gaz NO et O^2 par leur mélange, est la suivante aux diverses températures : à 0°, 13,31; à 25°, 109,7 à 111,5; à 50°,3, 643,0 à 649,5; à 86°,6, 5.347 à 5.734. La variation de K avec la température peut être représentée par l'équation : $\log K/T = -(2.810,5/T) + 8,9968$. — M. **E. Kohn-Abrest** : *Sur l'aluminium spontanément oxydable à l'air.* Par distillation dans le vide de l'aluminium ordinaire, l'auteur a obtenu un résidu d'aluminium spontanément oxydable à l'air; il considère ce dernier comme provenant d'une transformation allotropique. — MM. **A. Kling** et **D. Florentin** : *Production de l'oxyde de carbone dans les flammes de différents gaz.* Les auteurs ont constaté que l'emploi de certains appareils courants, alimentés au gaz, même totalement désoxycarboné, donne naissance à des quantités de CO notablement supérieures à celles qui pourraient résulter des fuites d'une canalisation normale. La production de CO résulte principalement du refroidissement brusque de la flamme. Le bec Auer produit de fortes quantités de CO, attribuables à la présence du manchon. Il y a donc lieu d'étudier une amélioration des conditions de fonctionnement des divers appareils à gaz usuels en vue de réduire au minimum la proportion de CO dans les produits de la combustion. — M. **L. Vallery** : *Sur le dosage de l'arsenic dans l'étain et dans les étamages.* La méthode de Marsh, appliquée au dosage d'As dans l'étain et les étamages, donne des résultats inexacts, entachés d'erreurs pouvant s'élever jusqu'à 75 %. L'auteur a obtenu des résultats exacts en distillant As à l'état de chlorure et en dosant As dans le distillat par réduction au moyen de l'acide hypophosphoreux et dosage colorimétrique de la solution colloïdale d'As obtenue. — M. **A. Mayer** : *Sur l'estimation du thiophène dans les benzènes industriels.* L'auteur propose de modifier le procédé de Denigès, basé sur la précipitation du thiophène par le réactif mercurique, en milieu méthylalcoolique, sous forme de composé $SO^4(HgO)^2HgSC^4H^4$. La modification consiste à doser volumétriquement le mercure en excès par le sulfocyanure d'Am décinormal, en se servant de l'alun ferrique comme indicateur. Cette méthode, qui ne nécessite l'emploi que d'une seule liqueur titrée, est suffisante pour les besoins de la pratique. — M. **P. Carles** : *Sur la casse bleue des vins.* A propos de la communication de M. Piédallu (t. XXX, p. 725), l'auteur fait remarquer que l'addition de SO^2 au vin pour arrêter la casse ferrique est de nul effet. Le traitement réel de cette casse consiste dans l'addition d'un acide organique, tel que l'acide tartrique ou l'acide citrique.

2° Sciences naturelles. — MM. **P. Termier** et **G. Friedel** : *Que les plissements et les charriages qui ont accidenté le bassin houiller du Gard sont très probablement des mouvements alpins, d'âge miocène.* Il y a dans la région d'Alais, posés l'un sur l'autre, deux pays de même style tectonique : le pays houiller, le pays formé

de Secondaire et de Tertiaire. Ici comme là des failles plates, d'allure onduleuse, séparent des paquets de terrains disposés en lentilles et visiblement traînés; la seule différence structurale est que, dans le Houiller, il y a fréquemment des plis couchés, tandis que de tels plis semblent rares dans le Secondaire; ce fait s'explique par l'inégalité dans la plasticité. Dans la région de Rochebelle, les coupes relevées par les auteurs montrent jusqu'à l'évidence l'harmonie de mouvements du Houiller et du Secondaire; il faut donc admettre que l'ensemble des plissements et charriages est du même âge, d'âge alpin, et que c'est le déplacement ou le traînage de l'ensemble des terrains secondaires et oligocènes sur le Houiller qui a déterminé les plissements de ce dernier, ses failles inverses et les charriages qui l'ont découpé en écailles. — M. **Zeil** : *Corrélations entre les terrasses quaternaires, les récurrences glaciaires et les mouvements ascensionnels de l'écorce terrestre* (voir p. 3.) — M. **J. Bourcard** : *Sur la découverte du Crétacé et de l'Eocène inférieur et leur extension en Albanie moyenne et méridionale.* L'auteur a reconnu l'existence, non encore signalée, du Crétacé et de l'Eocène en Albanie méridionale. Ses observations permettent, d'autre part, d'assigner un âge éocène au Flysch du Pinde, qui n'est que la continuation de celui d'Albanie. — M. **Ph. Glangeaud** : *Sur la reconstitution d'une longue dépression lacustre qui a occupé, durant l'Oligocène, l'emplacement du grand chenal houiller du Massif central.* L'auteur a reconnu l'existence d'une dépression lacustre oligocène qui, sur près de 80 km., depuis Pontaumur (Puy-de-Dôme) jusqu'à Mauriac (Cantal), se résout en une longue traînée morcelée de dépôts. Cette formation s'est accumulée, sur une grande partie de son étendue, sur l'ancienne zone du Massif central qui fut un grand chenal houiller. Les dépôts de ce synclinal ont été disloqués postérieurement au Mio-Pliocène. — M. **Ch. Pussenot** : *Récurrences glaciaires postérieures au Néowürmein en Tarentaise et Maurienne.* Les observations faites par l'auteur dans les massifs de l'Aiguille de Polset, du Mont-Thabor et de l'Aiguille de Scolette l'amènent à conclure que, postérieurement au Néowürmien et même au stade de Chamousse, et antérieurement à l'extension actuelle des glaciers, il y a eu trois récurrences. Rapprochées de celles qui leur sont antérieures, elles montrent que le retrait des glaciers, après leur plus grande extension, ne s'est pas effectué par étapes successives, comme on pourrait le croire, mais qu'il a été marqué par de véritables retours offensifs (récurrences) d'amplitude décroissante. — M. **C. Sauvageau** : *Sur le parasitisme d'une Algue rouge* (Polysiphonia fastigiata *Grev.*). L'auteur montre que le *Polysiphonia fastigiata*, qui croît en touffes denses sur l'*Ascophyllum nodosum*, n'est pas un simple épiphyte comme on l'a cru jusqu'à présent, mais un véritable parasite, attaché à son hôte par des suçoirs et des rhizoïdes. Il y a une véritable adaptation spécifique à la vie parasitaire. — M. **Louis Lapicque** : *Variation saisonnière dans la composition chimique des Algues marines.* L'auteur a analysé des échantillons de *Laminaria flexicaulis* récoltés à différentes époques de l'année; il a reconnu qu'à partir du printemps le suc cellulaire de ces algues s'enrichit en laminarine et en mannite, et corrélativement s'appauvrit en sels. On conçoit d'ailleurs facilement que tel soit le résultat du travail chlorophyllien en fonction de l'éclairage. — MM. **M. Caullery** et **F. Mesnil** : *Sur un nouvel Epicaride* (Ancyroniscus Bonnieri n.g., n.sp.), *parasite d'un Sphéromide* (Dynamene bidentata Mont.). La femelle adulte du nouvel organisme a la forme de deux sacs clos, réunis par un isthme très étroit; l'un de ces sacs, extérieur à l'hôte, occupe dans la cavité incubatrice de celui-ci la place de la ponte; l'autre est à l'intérieur de la cavité viscérale du Sphéromide. L'Epicaride se nourrit des embryons du Sphéromide, qu'il suce et dont on retrouve tous les noyaux dans ses sacs hépatiques. Les mâles ne sont jamais parasités, ni les femelles jeunes; seules les femelles adultes sont infectées, immédiatement après leur ponte ou au cours de celle-ci, qui, dans ce cas, paraît enrayée. La pénétration de l'abdomen du parasite dans l'hôte a lieu au stade cryptoniscien. — MM. **G. Bertrand, Brocq-Rousseu** et **Dassonville** : *Action comparée de la chloropicrine sur le Charançon et sur le* Tribolium. Le *Tribolium navale* est un petit Coléoptère qu'on trouve dans les céréales avariées et qui vit aux dépens des grains déjà perforés par le Charançon. La durée d'exposition à la chloropicrine qui est mortelle pour le Charançon est sans action sur le *Tribolium;* la séparation des deux parasites est pour ainsi dire quantitative. Mais, si l'on fait agir la chloropicrine pendant 24 h., les deux parasites sont tués.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 16 *Décembre* 1919

Séance publique annuelle. M. **Ch. Achard** présente le rapport général sur les Prix décernés par l'Académie en 1919, et M. **Ed. Delorme** proclame les noms des lauréats. — M. **M. de Fleury** prononce l'éloge de Littré.

Séance du 23 *Décembre* 1919

M. le Président annonce le décès de M. **Ch. E. Troisier**, membre de l'Académie. — M. **M. Richelot** est élu vice-président de l'Académie pour l'année 1920. — M. **Ch. Achard** est réélu par acclamations secrétaire annuel.

MM. **Ch. Achard** et **L. Gaillard** : *Alimentation comparée par diverses farines panifiables.* Les auteurs ont étudié les effets que pourrait avoir sur le développement, sur le poids des organes et sur leur composition minérale, chez le lapin mâle, l'usage des diverses farines panifiables : blé, sarrasin, seigle, orge, riz, maïs, introduites comme appoint dans un régime alimentaire normal (choux et carottes). Les auteurs ont observé des résultats divers quant à l'accroissement du poids et à la conservation de la santé; on ne saurait donc attribuer directement et principalement ces résultats à la nature de la farine consommée. Toutefois, il semble que la farine d'orge a été plus favorable que les autres, et surtout que celles de maïs et de riz. Il ne paraît pas que le poids des organes, ni celui du squelette, ni la teneur minérale du tissu osseux, aient été influencés par l'usage des diverses farines.

Séance du 30 *Décembre* 1919

M. **E. Brumpt** est élu membre titulaire dans la Section de Thérapeutique et Histoire naturelle médicale.

M. **A. Lesage** : *Hygiène hospitalière et grippe.* L'étude de la dernière épidémie de grippe montre — une fois de plus — que la salle commune d'hôpital est déplorable et que l'isolement individuel (même en boxes) est le véritable moyen d'éviter les résultats néfastes de l'encombrement et de la promiscuité, au point de vue de la contagion, soit de la maladie primitive, soit des infections secondaires. La statistique récente de M. Netter montre que la mortalité globale de la grippe dans un service d'enfants de tout âge (en salle commune) est de 22 %. Or à l'hôpital Hérold (isolement individuel en boxes), la mortalité globale n'a été que de 11,29 %, et la mortalité après 24 h. de séjour de 6,96 %. — M. **F. Barbary** : *Les paludéens et les dysentériques libérés, Maladies exotiques et prophylaxie rurale.* Les soldats de l'armée d'Orient atteints de paludisme ou de dysenterie et aujourd'hui libérés font courir un danger immédiat et constant à leur entourage. Déjà en 1916-17, Bloch et Mattei avaient constaté que, sur les cas d'amibiase soignés par eux sur le front français, les cas d'origine coloniale étaient à peine le 1/10e. du nombre des cas autochtones. Dans les grandes villes, dans les milieux aisés, grâce aux w. c. pourvus d'appareils à chasse se déversant dans le tout à l'égout, les chances de contagion sont très diminuées; mais dans les campagnes, dans les communes, la dysenterie amibienne trouve

réalisées toutes les conditions favorables à sa propagation. D'une façon générale, l'éducation rurale en matière d'hygiène est entièrement à faire. D'ores et déjà, il conviendrait que le Ministère de l'Intérieur adoptât le système des chefs de service spécialistes, créé par le Service de santé en 1916 sous l'inspiration de M. Laveran. Sous leur direction seraient assurés dans chaque département la prophylaxie et le traitement, non seulement du paludisme, mais aussi de la dysenterie et, en général, de toutes les maladies exotiques.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 13 *Décembre* 1919

M. J. Verne : *Formation expérimentale de mélanine chez les Crustacés.* Chez les Crustacés pourvus de mélanine, ce pigment provient directement de la transformation d'un pigment bistre en grains. On peut obtenir expérimentalement cette mélanisation en faisant agir sur des régions de l'hypoderme ne renfermant que ce pigment bistre différentes tyrosinases, notamment une diastase extraite des régions de l'hypoderme contenant de la mélanine. — **M. L. Panisset** : *Bile et bactéridie charbonneuse.* La bile de bœuf permet la culture de la bactéridie. L'addition de bile de bœuf ou de bile de chien à des cultures en bouillon (avant ou après leur développement), à des corps microbiens ou à des produits virulents ne semble pas modifier l'action pathogène de la bactéridie; les caractères morphologiques et les affinités tinctoriales du microbe subissent seuls quelques changements. La bile des cobayes morts de charbon est assez régulièrement virulente et la bactéridie qu'elle renferme est pleinement pathogène. — **M. Ed. Retterer** : *Développement de l'articulation temporo-maxillaire.* A l'époque où se développent les cavités de l'articulation temporo-maxillaire, l'apophyse condylienne du maxillaire et la racine transverse du zygoma sont formées de cartilage épithélioïde (tissu vésiculeux). Il se transforme en os. Plus tard, il se développe, entre la cavité articulaire et l'os, une couche de cartilage hyalin ; ce cartilage hyalin fournira de nouvelles couches osseuses aux segments correspondants. — **MM. Cl. Gautier** et **Ch. Hervieux** : *Indoxylurie consécutive à l'injection d'indol dans le foie chez la grenouille.* L'injection d'indol dans le foie de la grenouille par la veine abdominale donne lieu au passage de chromogène indoxylique dans les urines. L'élimination débute rapidement; elle se prolonge plusieurs jours (7 jours dans l'expérience rapportée, pour une dose de 2 mgr. d'indol).— **M. J. Comandon** : *Action de la température sur la vitesse de reptation des leucocytes.* L'auteur a étudié, au moyen du cinématographe, les variations de vitesse des globules blancs de l'homme et de divers Batraciens sous l'influence de la température. Des leucocytes de Grenouille, examinés pendant l'été, étaient à peine mobiles à 12°. Par contre, des leucocytes de Salamandre, en octobre, avaient une reptation très nette; à 14°, leur vitesse moyenne était de 8, 6μ par minute. Les leucocytes humains n'ont, à 12°, que de simples changements de forme, sur place. Le maximum de vitesse semble être vers 38°. Mais, au-dessus de 36°, les préparations s'altèrent si rapidement et la vitesse est si vite modifiée qu'il est difficile d'avoir des chiffres exacts. Par la comparaison d'un grand nombre de résultats, on remarque que les vitesses sont multipliées par un facteur compris entre 2 et 3 quand la température augmente de 10°. Cette activité ambulatoire des leucocytes paraît donc suivre une loi semblable à celle de Van t'Hoff-Arrhénius.

Séance du 20 *Décembre* 1919

MM. L. Bull, A. Clerc et **C. Pezzi** : *Troubles du rythme cardiaque provoqués chez le chien par le chlorure de strontium.* Par injections intraveineuses (15 à 20 gr. par kgr.), les auteurs ont déclanché régulièrement une crise de tachycardie durant quelques minutes. Au début, elle est purement sinusale, puis brusquement on voit sur les tracés électriques la forme du complexe ventriculaire se modifier et rappeler celle des extra-systoles du ventricule gauche ; en même temps, la systole auriculaire se rapproche de la systole ventriculaire et finit par se fusionner avec elle. Il existe deux rythmes distincts chevauchant l'un sur l'autre; le premier est d'origine sinusale, car l'onde auriculaire reste visible et positive ; quant au second, bien que d'apparence extra-systolique, il pourrait relever d'un blocage se produisant au niveau de la branche droite du faisceau conducteur et ne laissant au stimulus hétérotope que la branche gauche comme voie de propagation. — **M. Le Fèvre de Arric** : *Action des colloïdes métalliques sur la staphylotoxine et la staphylolysine.* Parmi cinq colloïdes étudiés : argent, or, platine, manganèse et fer, le fer, et avant tout le manganèse, ont diminué l'activité d'une staphylotoxine obtenue au moyen de cultures sur sang cuit. D'autre part, le manganèse s'est montré doué d'un pouvoir inhibiteur réel sur les propriétés hémolytiques de cette même préparation. — **MM. F. Arloing** et **R. Biot** : *Fixation du complément chez les tuberculeux.* Pour obtenir à l'aide de la méthode de Bordet-Gengou des renseignements cliniques intéressants chez les tuberculeux, il faut rechercher comparativement dans le sang et dans l'urine les anticorps bacillaires ou tuberculiniques et les antigènes correspondants. Les individus cliniquement guéris ne présentent plus que des anticorps ; les antigènes existent seuls au cas de pronostic fatal. A défaut de précision sur le degré d'immunité, les anticorps du sérum ou de l'urine se présentent comme des témoins de la défense organique, les antigènes comme des témoins de l'infection. — **M. J. Dumas** : *Caractères différentiels des bacilles observés au cours de la dysenterie bacillaire.* Groupe I : Colonies rondes, surélevées, peu nombreuses; fait virer la gélose au rouge neutre, laisse indemne la gélose à l'acétate de plomb. Groupe II : Noircit la gélose à l'acétate de plomb. Aucune modification de la gélose au rouge neutre. Groupe III : Virage au jaune canari de la gélose au rouge neutre et noircissement rapide de la gélose à l'acétate de plomb. Groupe IV : Mêmes caractères, mais action différente des hydrates de carbone. — **M. A. Chevallier** : *Recherches expérimentales sur les leucocytes irradiés.* Diminution de 50 % des leucocytes par millimètre cube de sang chez des sujets ayant eu des doses radiothérapiques suffisantes. Diminution des lymphocytes et moyens mononucléaires, les polynucléaires étant inaltérés. — **MM. A. Guilliermond** et **G. Péju** : *Sur un nouveau champignon présentant des caractères intermédiaires entre les Levures et les Endomyces.* Les auteurs ont isolé d'une tache blanche de la gorge d'un malade atteint d'une angine bénigne, mais tenace, une levure qu'ils nomment *Debaryomyces Klockeri.* Elle présente par sa copulation hétérogamique et la forme de ses ascospores les caractères du genre *Debaryomyces*, mais elle offre par la fréquence et le développement de ses formations mycéliennes un intérêt général. Elle peut être considérée comme une forme de transition entre les *Saccharomyces* et les *Endomyces*. Elle ressemble beaucoup à cet égard à l'*Endomyces javanensis* décrit il y a quelques années par Klocker, espèce qui, elle aussi, présente des formes levure apiculées.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 5 *Décembre* 1919

M. A. Dufour : *Oscillographe cathodique.* L'oscillographe cathodique permet d'obtenir l'enregistrement direct de la forme, en fonction du temps, des variations d'un champ électrique ou d'un champ magnétique, dans l'échelle des fréquences allant de la fréquence zéro à la fréquence voisine du milliard par seconde. *Principe* : Comme le tube de Braun, bien connu, il est basé sur l'emploi d'un faisceau de rayons cathodiques. La particularité nouvelle qu'il présente consiste en ce que le faisceau cathodique impressionne directement la plaque photogra-

phique, mise dans le vide, à la place de l'écran fluorescent de l'appareil précédent. *Divers types d'oscillographe cathodique* : Deux types d'instruments sont actuellement à l'étude sous forme pratique : 1° L'oscillographe dit de *basse fréquence*, permettant l'enregistrement des phénomènes variables électriques ou magnétiques entre les fréquences zéro et 30.000 environ par seconde (ce dernier chiffre donné seulement pour fixer les idées), la lecture sur le tracé pouvant atteindre jusque vers le 1/500.000e de seconde. Ce type d'appareil est particulièrement indiqué pour l'usage pratique de l'oscillographie. 2° L'oscillographe dit de *haute fréquence*, permettant les enregistrements pour les fréquences allant de quelques milliers à quelques millions et même jusqu'au milliard par seconde. *Oscillographe initial* : L'auteur se limite, dans la présente Communication, à la description, à l'emploi de l'appareil initial, fait au laboratoire, et à la présentation des résultats qu'il a déjà fournis, en particulier de ceux obtenus sous la direction du général Ferrié dans divers postes de T. S. F. Cet oscillographe est du type « haute fréquence » : la plaque photographique est immobile ; le tracé est obtenu par les déviations du faisceau cathodique sous les diverses actions suivantes : 1° Le phénomène étudié produit une déviation de petite amplitude désignée par Z ; 2° L'action d'un courant alternatif auxiliaire, d'une fréquence de l'ordre de quelques milliers par seconde, produit une déviation Y de grande amplitude du faisceau cathodique et de direction perpendiculaire à Z ; 3° La rupture d'un courant continu auxiliaire agissant sur le faisceau permet de faire déplacer rapidement la tache cathodique dans une direction X parallèle à Z. On provoque ainsi le « balayage » de la plaque par le faisceau ; 4° Un aimant permanent W fixe assure le départ de la tache cathodique à partir du bord de celle-ci, quand on effectue le balayage. Lors d'un enregistrement, on provoque à la fois les quatre actions Z, Y, X et W. On obtient comme tracé une grande sinusoïde dentelée, où les dentelures de direction Z donnent la forme du phénomène étudié, courant ou voltage. *Technique* : La technique est celle qui correspond à la manipulation de tubes à vide ordinaire, où le vide n'a pas besoin d'être très poussé. Il est commode d'alimenter le tube à l'aide d'un transformateur à haut voltage, en n'utilisant qu'une des deux alternances. A l'aide d'un rupteur automatique spécial, on n'illumine le tube que durant le temps juste nécessaire à l'inscription et l'on provoque le balayage de la phase utile. Pour obtenir de bons enregistrements, il faut que la tache cathodique soit fine et brillante, que la pression dans l'appareil ne soit pas trop basse, que l'action du phénomène étudié sur le faisceau soit localisée près du diaphragme qui le délimite, et dans le cas des très hautes fréquences, connecter le milieu de l'enroulement Z à la masse de l'appareil. *Discussion* : Des considérations simples montrent qu'en tenant compte des enregistrements obtenus effectivement pour les fréquences de l'ordre du million, on trouve que la limite probable de visibilité du tracé doit être au voisinage de la fréquence du milliard. La condition de netteté fournit la limite approximative. La sensibilité de cet appareil correspond, pour des rayons cathodiques de vitesse prise égale à 10^{10} cm. par seconde, à une déviation de 1 mm. sur la plaque si le trajet des rayons dans le champ est de 5 cm. et si l'intensité du champ est d'environ 30 gauss ou 30 volts-cm. L'emploi des rayons cathodiques lents permet d'augmenter cette sensibilité. L'exactitude des tracés obtenus est indépendante de l'inertie des électrons enregistreurs, tant que celle-ci reste constante, ce qui est bien le cas en pratique. Ici encore, à cause de l'influence possible de l'onde qui peut être émise par le circuit Z aux très hautes fréquences, la limite d'exactitude des tracés paraît se trouver vers la fréquence du milliard. On rencontre en pratique, au point de vue du montage électrique du circuit Z, une difficulté signalée par M. Thovert, et qui est importante pour l'interprétation du tracé. Toutes les fois que le courant qui circule dans le circuit Z ne peut être le courant même qu'on veut étudier, on est obligé d'envoyer dans ce circuit Z, soit une dérivation, soit un courant induit résultant du courant principal. Les constantes électriques du circuit de l'oscillographe doivent être alors judicieusement choisies si l'on veut que le tracé obtenu représente effectivement le courant principal étudié. *Résultats* : La série des enregistrements projetés en séance montre la nature des résultats que peut donner cet oscillographe. Ils ont été obtenus soit au laboratoire, soit au poste de la Tour Eiffel, soit à la Doua. En voici le résumé (N représente la fréquence par seconde) : Courants d'arc chantant : N = 3.000 à 10.000 (oscillations entretenues). Courants de lampes à 3 électrodes : N = 69.000 à 75.000 (oscillations entretenues). Courant d'alternateur à basse fréquence : N = 1.150. Courants d'arc Poulsen : N = 220.000 (oscillations entretenues) et N = 3.000.000 (oscillations amorties). Courbe de voltage d'arc Poulsen : N atteignant 10.000.000 (oscillations amorties). Courants des arcs de la Tour Eiffel et de la Doua : N = 20.000 à 30.000 (oscillations entretenues). Courbe de voltage d'alternateur Béthenod : N = 20.000. Courbe de courant chantant de la Tour Eiffel : N = 115.000 (oscillations amorties).

Séance du 19 Décembre 1919

MM. H. Abraham, L. Bloch et E. Bloch : *Cinématographie ultrarapide (Dispositif électrique)*. Au cours de la guerre, le Service des Inventions, ayant décidé de reprendre la question de la cinématographie des projectiles, M. L. Bull fut chargé de ces études. Les auteurs ont reçu pour mission d'établir rapidement un dispositif simple permettant d'obtenir des étincelles éclairantes à la fréquence d'au moins 10.000 par seconde. *Historique*. Marey est le premier (1879-1880) qui ait appliqué à la chronophotographie l'éclairage par étincelles intermittentes d'une surface sensible mobile sans arrêt. Il employait l'étincelle condensée d'une bobine d'induction à trembleur et obtenait de la sorte environ 25 photographies par seconde. L'objet photographié était le ménisque d'un électromètre Lippmann enregistrant les variations électriques du cœur de la tortue. Mach (1885) a appliqué cette méthode d'éclairement à la balistique et obtenu les photographies bien connues, qui montrent l'onde de choc et le sillage du projectile. Boys (1890), faisant passer le projectile près de la plaque, obtenait directement l'ombre des ondes dans l'air sans aucun appareillage, rien qu'en éclairant par une forte étincelle instantanée. Ces deux savants n'obtenaient qu'une photographie unique, soit du projectile, soit des ondes. Au contraire, Wood (1903) a fait de véritables cinématographies d'ondes acoustiques. Ces ondes étaient produites par une première étincelle et photographiées par intervalles à l'aide d'étincelles éclairantes. La fréquence atteignait 400 par seconde. M. L. Bull, en 1904, a fait des cinématographies beaucoup plus rapides, 3.000 par seconde, du vol des insectes et aussi d'une balle de carabine à air comprimé. La surface sensible était enroulée sur un cylindre tournant dont l'axe portait lui-même l'interrupteur multiple commandant la succession des étincelles éclairantes. Un condensateur en quartz, d'un bon rendement lumineux, lui permettait d'utiliser de toutes petites étincelles dont la lumière était concentrée sur l'objectif, également en quartz, de l'appareil photographique. Grâce à l'emploi de deux objectifs éclairés par deux étincelles simultanées, M. Bull a même pu faire de la cinématographie stéréoscopique. Cranz (1907) a repris les expériences de Bull et obtenu une fréquence un peu plus grande (5.000) en se servant d'un alternateur. Les expériences de Cranz et Slatzel ont été poursuivies pendant plusieurs années ; les dernières publications paraissent remonter à 1912[1]. Pour obtenir des fréquences élevées (10.000 et au-delà), les auteurs emploient une générateur d'ondes entretenues de T. S. F. Une source à 700 volts charge un fort condensateur qui se décharge dans un éclateur refroidi. Cette décharge excite par choc un circuit

1. *Verh. d. deut. phys. Ges.*, 1912, p. 525.

oscillant secondaire dont le condensateur alimente l'étincelle éclairante. On peut aussi, comme l'a tenté Schatte, charger un gros condensateur avec une machine à influence et le décharger dans un éclateur portant en dérivation une petite capacité. Ce montage a été jugé peu satisfaisant par Cranz; un montage analogue a paru aux auteurs, au contraire, fournir, moyennant quelques modifications, la solution simple et pratique du problème qui leur a été posé. *Dispositif.* Un condensateur C de forte capacité (0,4 microfarad) est chargé, aux environs de 12.000 volts, par une petite bobine munie d'une soupape de Villard. Au moment précis de la prise de vues, ce condensateur est relié à un circuit de décharge à travers une résistance liquide réglable; la décharge se fait entre demi-boules d'aluminium distantes de 1 mm.; un petit condensateur *c* de 1/2000 de microfarad est en dérivation sur l'éclateur. Un violent courant d'air ou de gaz carbonique est injecté entre les demi-boules pour empêcher l'allumage d'un arc. Dans ces conditions, on produit ce que l'un des auteurs a étudié autrefois sous le nom de « décomposition d'un courant de haut voltage en une série de décharges disruptives ». Toutefois les résultats ne sont réguliers que si l'on observe quelques précautions : 1° Le gros condensateur C doit être bien isolé. On a de bons résultats en employant des carreaux de verre garnis de papier d'étain avec marges de 5 cm. recouvertes d'un vernis au bitume de Judée et à l'essence de térébenthine. 2° Le condensateur doit être maintenu en charge jusqu'au moment même de l'expérience. A ce moment un interrupteur automatique sépare le condensateur de la bobine d'induction. 3° Pour protéger le condensateur contre les excès de tension, on surveille le régime de charge au moyen d'un électromètre. On met aussi en dérivation un éclateur limiteur de tension avec une résistance liquide en série qui évite les décharges violentes, dangereuses pour le condensateur. 4° Les électrodes d'aluminium de l'éclateur doivent être repolies à la toile d'émeri fine avant chaque expérience. 5° Au début et à la fin de la prise de vues, le circuit de décharge doit être fermé et ouvert par le jeu d'interrupteurs très brusques, à l'intérieur desquels ne se produisent ni arcs ni résistances parasites. 6° Il y a avantage à ce que la résistance liquide placée dans le circuit de décharge soit de faible masse. L'échauffement qu'elle subit diminue sa valeur et cet effet peut compenser la tendance au ralentissement des étincelles successives. En observant les précautions indiquées, on obtient des étincelles d'une régularité très satisfaisante. L'un des clichés obtenus (fréquence 15.000 étincelles par seconde) montre que la fréquence ne varie pas de 1 % après 100 étincelles. Ces clichés sont relatifs à des expériences de contrôle faites en photographiant soit l'étincelle elle-même, soit un objet fixe éclairé par elle. L'impression photographique se faisait sur un disque de papier sensible de 20 cm. de diamètre monté sur l'axe d'un moteur tournant à la vitesse de 100 tours par seconde. Un léger mouvement radial de l'objectif évitait la superposition des images. *Emploi d'un transformateur.* On peut aussi, au lieu d'un condensateur, employer un transformateur pour alimenter les décharges. Il convient que ce transformateur ait un rapport de transformation élevé. Pendant la durée d'établissement du courant primaire, fourni par quelques accumulateurs, le secondaire fonctionne comme source à haut voltage pratiquement constant. *En résumé*, en prenant comme source de haute tension un condensateur chargé ou le secondaire d'une bobine d'induction, la décomposition du courant de décharge en une série d'étincelles disruptives fractionnées par soufflage fournit un moyen très simple d'obtenir pour la chronophotographie plusieurs centaines d'étincelles éclairantes se succédant régulièrement à des intervalles de temps bien inférieurs au vingt-millième de seconde. — M. L. Bull : *Chronophotographie du coup de canon de 37 mm. Technique photographique.* L'appareil photographique consiste en une boîte en bois, hermétiquement fermée, portant à sa face antérieure l'objectif. A l'intérieur de la boîte, un cylindre tournant sur un axe horizontal présente, lors de sa rotation, tous les points de sa circonférence au foyer de l'objectif. Un film cinématographique, d'une longueur égale à la circonférence du cylindre (1 m.), entoure ce dernier à la façon d'un anneau, les deux extrémités s'y trouvant fixées au même point. Un moteur électrique fait tourner ce cylindre à 3.000 tours environ par minute; la vitesse du film est par conséquent de 50 m. par seconde, ce qui permet de dissocier dans ce laps de temps 5.000 images ayant 1 cm. de largeur, ou 10.000 de 5 mm. Lorsqu'on peut se contenter d'images plus étroites encore, une dissociation d'autant plus grande peut être atteinte. Afin de pouvoir opérer en plein jour, l'appareil est muni d'un obturateur placé entre le film et l'objectif. L'ouverture et la fermeture de cet obturateur sont directement liées, au moyen de circuits électriques, au début et à la fin du phénomène en étude, de façon que la période pendant laquelle l'obturateur reste ouvert ne dépasse guère la durée du phénomène. Comme celle-ci est toujours très petite et que, de plus, la surface sensible se déplace rapidement, l'action de la lumière du jour n'a pas le temps de se manifester d'une façon appréciable sur le film. *Dispositif optique.* Les électrodes entre lesquelles jaillissent les étincelles sont disposées au foyer principal d'un miroir parabolique en verre argenté d'environ 40 cm. de diamètre. Ce miroir réfléchit la lumière émise par les étincelles en un faisceau de rayons parallèles, sur une lentille plan-convexe, de même diamètre que le miroir et située à environ 3m. de distance. Cette lentille fait alors converger le faisceau lumineux dans l'objectif de l'appareil photographique. La trajectoire que suit le projectile est disposée de façon à passer à égale distance entre le miroir et la lentille. L'avantage de ce dispositif est qu'il permet de maintenir le canon et la trajectoire du projectile suffisamment éloignés des appareils pour éviter de briser ceux-ci lors de la détonation, sans rien perdre du champ photographique, ce qui ne serait pas le cas si le projectile traversait un cône lumineux convergent à partir du miroir. Les aberrations sont, de plus, très réduites par l'adjonction de la lentille au système. *Fonctionnement de l'ensemble des appareils.* Le temps que met le projectile pour traverser le champ photographique est si court, qu'il faut nécessairement une liaison très étroite entre le fonctionnement des différents appareils que comprend l'installation. D'une part, l'obturateur doit être complètement ouvert au moment où commence la série d'étincelles. La durée de celle-ci est d'autre part assez limitée pour une seule charge du grand condensateur électrique, de sorte que la première étincelle ne doit précéder le début du phénomène que du temps strictement nécessaire pour n'en rien perdre. De même, après le passage du projectile, il faut arrêter les étincelles afin d'éviter les superpositions d'impressions lumineuses sur le cylindre tournant, et fermer l'obturateur pour empêcher la lumière du jour de voiler le film. La technique adoptée est la suivante : Directement sur la gâchette qui déclanche le percuteur du canon est disposé un contact électrique qui commande l'obturateur. Celui-ci a le temps de s'ouvrir pendant que le feu se communique à la charge et que celle-ci s'enflamme. Pour libérer les étincelles entre ce moment et celui où le projectile va sortir du canon, on utilise le mouvement de recul. Une petite masse pesante, pouvant glisser librement à l'intérieur d'un tube fixé directement sur le canon, porte à son extrémité antérieure une pointe effilée. Cette pointe, avant l'expérience, se trouve séparée, par une mince feuille isolante, d'un contact en plomb également fixé sur le canon, mais isolé de lui au point de vue électrique. Au premier mouvement de recul, le contact en plomb vient se piquer, en faisant percer la feuille isolante, sur la pointe de la masse qui, en vertu de son inertie, reste immobile. Ceci ferme le circuit reliant le grand condensateur à l'éclateur et aussitôt débute la série d'étincelles. Pour l'arrêt des opérations, un cadre en bois, sur lequel sont tendus verticalement deux fils conducteurs, est placé à une certaine distance

en dehors du champ, mais dans l'axe de tir, de façon que le projectile, en passant à travers le cadre, coupe les deux fils. La rupture du premier arrête les étincelles, celle du second ferme l'obturateur. M. **Pomey** fait remarquer que l'étincelle condensée est employée à cause de sa grande luminosité dans l'appareil télégraphique rapide de Siemens et Halske. Le disque dans lequel sont découpés les caractères typographiques à photographier sur la bande sensible mobile de l'appareil récepteur se meut à raison de 2000 tours à la minute; la révolution est de 1/33 de seconde. Le temps d'éclairement est très court. Chaque caractère a une largeur d'environ 3 mm. et se meut devant l'intervalle explosif en 1/4.000 de seconde environ. Pour que l'écriture soit lisible, la lettre ne doit pas se déplacer de plus de 10 % de sa hauteur de la position qui lui est assignée. Par suite, la production de l'étincelle doit s'effectuer avec une exactitude de 1/40.000 de seconde. On obtient 2000 lettres à la minute, à raison d'une lettre par révolution.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 12 Décembre 1919

MM. **André Kling, D. Florentin, A. Lassieur** et **R. Schmutz** : *Sur les chloroformiates de méthyle chlorés.* Ces recherches ont eu comme point de départ l'étude d'un produit toxique allemand. On obtient les chloroformiates de méthyle chlorés en chlorant soit le formiate de méthyle, soit le chloroformiate obtenu en faisant agir le phosgène sur l'alcool méthylique. Cette opération s'effectue assez aisément en présence de lumière (lumière solaire, lampe à arc, lampe à incandescence type 1/2 watt). Par chloration modérée et par distillation fractionnée, on isole les chloroformiates de méthyle mono et dichlorés, dont Hentschell (*Journal für praktische Chemie*, II, t. 36) avait méconnu l'existence réelle, dans un état de pureté assez satisfaisant. Le dérivé monochloré $Cl.CO^2CH^2Cl$, Eb. 106° ; $D^{15} = 1,456$, est un liquide incolore, doué de propriétés suffocantes et lacrymogènes. La constitution de ces 2 dérivés est démontrée en outre par l'étude de leurs produits d'hydrolyse: le premier fournissant une molécule d'aldéhyde formique et le second de l'oxyde de carbone (Hentschell, Delépine), ainsi que par l'étude des produits obtenus par action de l'alcool méthylique et du phénate de soude. Le chloroformiate de méthyle trichloré : $Cl.CO^2CCl^3$, déjà décrit, est un liquide Eb. 127°, $D_{15} = 1,655$, possédant l'odeur et les propriétés générales du phosgène. Les auteurs, outre les carbonates de méthyle mono, di et trichlorés asymétriques, qui seront décrits plus tard, ont préparé les corps suivants non encore signalés : $CO(OCH^2Cl)(OC^6H^5)$, liquide, $D_{23} = 1,255$, Eb. 122-124° sous 13 mm. ; $CO(OCHCl^2)(OC^6H^5)$, liquide, $D_{23} = 1,340$, Eb. 124-125° sous 14 mm., F. 14°,5; $CO(OCCl^3)(OC^6H^5)$, beaux cristaux, F. 66°. Ils ont en outre étudié l'action de l'iodure de sodium, de l'aniline, des chlorures anhydres de fer et d'aluminium sur les chloroformiates de méthyles chlorés. — MM. **D. Florentin** et **Vandenberghe** : *Méthode de dosage volumétrique des dérivés nitrés aromatiques* à l'aide des chlorures stanneux et titaneux. La méthode au chlorure stanneux a été indiquée par Limprich (*D. ch. G.*, t. XI, p. 35), puis reprise par différents auteurs. Cependant elle fournit toujours des résultats erronés dans le cas des nitrotoluènes; en particulier, avec l'*o*-nitrotoluène les erreurs atteignent 8 %. Elles sont dues à la formation intermédiaire d'hydroxylamines chlorées, telles que : $CH^3.C^6H^4.NHOH$, qui se transposent ultérieurement sous l'action de l'acide chlorhydrique en amines chlorées : $CH^3.C^6H^3 \begin{cases} NH^2 \ (1) \\ Cl \ (4) \end{cases}$. Par contre, la méthode, convenablement utilisée, donne des résultats corrects dans le cas des dérivés polynitrés. L'emploi du chlorure titaneux, indiqué par Knecht et Hibbert (New reduction methods in volumetric Analysis, Londres, 1910), donne des résultats très satisfaisants, même dans le cas de l'*o*-nitro-toluène. Les auteurs indiquent des modes opératoires qui leur ont fourni des résultats satisfaisants et qui permettent d'obtenir rapidement soit la teneur d'un dérivé nitré connu dans une substance donnée, soit la teneur en azote (NO^2) d'un dérivé nitré inconnu. — M. **M. Delépine** expose quelques faits relatifs à la *stabilité des formiates de méthyle chlorés industriels*, fabriqués en chlorant le formiate de méthyle. La présence supposée du formiate bichloré $H.CO.OCHCl^2$ dans ces produits, l'a incité à préciser les conditions du dosage de l'acide formique en présence de l'aldéhyde. Ces dosages, joints à ceux fournis par le dégagement d'oxyde de carbone qui a lieu avec le formiate bichloré $HCO.OCHCl^2$, au contact des alcalis, permettent une sorte d'analyse immédiate des groupements $H.CO.O-$, $-O.CH^2Cl$, $-OCHCl^2$ et partant des formiates de méthyle chlorés. Leur discussion conduit à la conclusion que la chloruration du formiate de méthyle n'est pas progressive, mais porte à la fois sur le produit initial et ses dérivés successifs. — M. **A. Nemec** : *Sur l'existence d'une glycérophosphatase dans les graines.* Cette nouvelle diastase hydrolyse le β-glycérophosphate de sodium en libérant de l'acide phosphorique. Son action est favorisée par une légère acidité, correspondant à environ 0,06 *n* lorsqu'on utilise l'acide sulfurique. La réaction d'hydrolyse n'est jamais complète ; elle s'arrête lorsque les 90 % environ du glycérophosphate sont décomposés.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 6 Novembre 1919

SCIENCES MATHÉMATIQUES. — Sir **F. W. Dyson**, MM. **A. S. Eddington** et **C. Davidson** : *Détermination de la déviation de la lumière par le champ gravitationnel du Soleil, d'après les observations faites lors de l'éclipse totale de Soleil du 29 mai 1919.* Cette question a été exposée en détails aux lecteurs de la *Revue* dans le n° du 15 décembre 1919, p. 669.

Séance du 13 Novembre 1919

SCIENCES NATURELLES. — M. **W. B. Bottomley** : *L'effet des organismes fixateurs d'azote et des dérivés de l'acide nucléique sur la croissance des plantes.* Les produits de l'organisme fixateur d'azote *Azotobacter chroococcum* ont un effet stimulant marqué sur le taux de croissance des plants de *Lemna minor* cultivés dans l'eau ; les dérivés de l'acide nucléique, que l'auteur a extraits de la tourbe brute, peuvent également agir comme substances nutritives accessoires. L'addition séparée de ces deux substances à la solution de culture fait passer le nombre des plantes de 1817 en solution minérale à 96.921 et 80.179 respectivement dans les liquides qui les renferment. Le poids de 100 plantes passe également de 4,7 mgr. en solution minérale pure à 18,6 et 18,7 mgr. dans les solutions contenant ces corps. Quand on ajoute simultanément les produits de l'*Azotobacter* et les dérivés de l'acide nucléique à la solution nutritive, le nombre de plantes obtenu est de 293.171, effet pratiquement identique à celui de la tourbe bactérisée. Le *Bacillus radicicola* a une action analogue à celle de l'*Azotobacter chroococcum*. Une série similaire d'expériences a été faite avec les cendres des produits de l'*Azotobacter* et des dérivés de l'acide nucléique, mais on n'a pas observé le moindre effet sur le taux de multiplication et la vigueur des plantes de *Lemna*. C'est donc la matière *organique*, qui est si essentielle pour le métabolisme complet de ces plantes. — Mlle **A. Arber** : *La morphologie végétative des Pistia et des Lemnacées.* L'examen anatomique du limbe de la feuille de *Pistia stratiotes* L., la laitue d'eau, montre l'existence, à côté des faisceaux vasculaires normalement orientés, d'une série de faisceaux inversés vers la face supérieure. L'auteur considère ce fait comme une indication que la feuille est de la nature d'un phyllode pétiolaire. Elle étend cette interprétation à la partie distale de la fronde des Lemnacées. Elle adopte l'hypothèse générale, émise

par Engler il y a 40 ans, sur la relation morphologique des Aracées — par les *Pistia* — avec les Lemnacées, et elle montre qu'une étude plus détaillée par les méthodes modernes permet de pousser beaucoup plus loin cette comparaison. Des sections en série à travers une pousse de *Pistia* révèlent la présence d'une « poche » en relation avec chaque feuille, située au-dessous du niveau de la partie libre du limbe. Cette poche est formée d'un côté par la lame foliaire et de l'autre par l'axe, et renferme un bourgeon occupant une position latérale par rapport au limbe de la feuille. Ces poches sont exactement équivalentes à celles qui se trouvent à la base de la fronde chez les Lemnacées. — M. **W. Robinson** : *Les caractères microscopiques des déformations mécaniques dans le bois et leurs rapports avec la structure de la paroi cellulaire chez les plantes.* L'auteur décrit les caractères macro et micro-scopiques des ruptures par compression dans les bois de sapin, de frêne et de pitch-pin. La rupture commence par le développement de plans microscopiques de glissement dans les parois cellulaires du bois ; celui-ci s'accompagne de changements profonds dans la façon dont se comportent ces parois vis-à-vis des colorants et réactifs. On peut en déduire certaines conclusions sur le processus de lignification des parois. L'auteur a également étudié les ruptures consécutives à la tension et à la torsion longitudinales. Les résultats obtenus ne sont pas en opposition avec l'hypothèse micellaire de Nægeli ; toutefois, l'auteur propose une autre hypothèse sur la structure des parois cellulaires, d'après laquelle l'anisotropie mécanique, ainsi que les propriétés optiques et la structure visible des parois, seraient le résultat d'actions mécaniques opérant sur la substance de la paroi cellulaire au cours de sa transformation d'un liquide très visqueux en une substance plus rigide. — MM. **W. J. Young, A. Breinl, J. J. Harris** et **W. A. Osborne** : *Effets de l'exercice et de la chaleur humide sur le pouls, la pression sanguine, la température du corps et la concentration du sang.* 1° Un exercice vigoureux d'une courte durée provoque : *a*) une accélération du pouls et une augmentation de la pression sanguine, tous deux revenant rapidement à la normale après cessation de l'exercice; *b*) une augmentation de la teneur en CO^2 de l'air alvéolaire. 2° L'air alvéolaire au repos, chez les habitants du Queensland tropical, présente une teneur en CO^2 moindre que la moyenne européenne. 3° L'exercice prolongé provoque une élévation rapide du pouls et de la température d'abord, qui devient plus graduelle ensuite ; la pression sanguine peut même s'abaisser et tomber parfois au-dessous de la normale, par suite de la sudorification profuse. L'exercice prolongé n'a que peu d'effet sur l'air alvéolaire. La température du corps pendant l'exercice continue à s'élever lentement. 4° L'exercice prolongé produit une perte d'eau considérable du corps. Les déterminations du sang montrent que cette eau provient principalement d'autres sources que le plasma sanguin ; il se produit toutefois une petite concentration du plasma. 5° Les expériences en chambre chaude produisent des résultats analogues à ceux que cause l'exercice prolongé, avec cette différence que le pouls et la température s'élèvent plus graduellement au début, et plus rapidement ensuite. 6° Ces résultats montrent que l'exercice et la chaleur humide jouent un rôle dans l'élévation de la pression sanguine, du pouls et de la température rectale. Cette élévation est contrôlée, toutefois, par les conditions atmosphériques, qui influent sur le taux de refroidissement du corps. — M. **R. Mc Carrison** : *La genèse de l'œdème dans le béri-béri.* L'auteur a constaté que le défaut de certains facteurs accessoires de la nourriture donne lieu à une production fortement accrue d'adrénaline. Quelle que soit la fonction de la moelle surrénale, la production excessive d'adrénaline, dans des conditions de déficit vitaminique, est en relation avec la cause de l'œdème.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE LONDRES

Séance du 4 Décembre 1919

M. **T. M. Lowry** : *La séparation des minéraux par décrépitation.* L'auteur montre que la baryte peut être séparée de la galène et de la blende dans un minerai mixte qui existe à Keswick en chauffant le minerai vers 300° C., puis en éliminant les morceaux inaltérés de sulfure et de roche par tamisage. D'autres expériences sur des minerais analogues ont montré que la baryte est séparable par cette méthode dans la moitié environ d'entre eux. La décrépitation est-elle due à l'expulsion d'humidité, ou bien à la dilatation ou à la conductibilité thermique inégales suivant les différentes directions dans les cristaux? Bien qu'il y ait quelques arguments en faveur de cette dernière interprétation, le fait que, dans les expériences de l'auteur, la décrépitation est toujours accompagnée d'une perte d'eau montre que la première cause intervient aussi. — M. **T. M. Lowry** : *Sur la décomposition des éthers nitriques par la chaux.* L'auteur rappelle les travaux de W. R. Hodgkinson sur la décomposition de la cordite par la chaux éteinte et l'eau en présence de pyridine et discute la composition chimique des produits ainsi obtenus et leur valeur comme engrais. Parmi ces produits se trouvent les sels de Ca des acides carbonique, oxalique, nitrique, nitreux, acétique (traces), formique (traces), hydroxypyruvique et dihydroxybutyrique. Excepté dans un cas, où l'on avait employé 40 °/₀ de pyridine au lieu de 0,5 à 5 °/₀, on n'a pas trouvé de glycérol. Les essais de culture en pots à Rothamsted ont montré que le produit, qui contient environ 6 °/₀ d'azote combiné, est préjudiciable dans quelques cas à la vie végétale, surtout pendant les premiers stades de la décomposition ; d'autres recherches ont prouvé que l'action toxique est invariablement due à l'hydroxypyruvate de calcium. L'auteur étudie ensuite le mécanisme de l'hydrolyse de la nitroglycérine. Se basant sur une idée d'abord émise par Berthelot, M. Lowry estime que la décomposition du trinitroglycérol par les alcalis fournit directement un nitrite alcalin et un composé carbonylique, la dialdéhydecétone, CHO.CO.CHO, qui, par addition d'eau, forme l'acide hydroxypyruvique $CH^2OH.CO.COOH$, et rejette l'autre hypothèse d'après laquelle les produits primaires de la décomposition sont le glycérol et l'acide nitrique ou un nitrate, et l'acide nitrique, sous forme « naissante », oxyde le glycérol en se réduisant en nitrite.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

31e ANNÉE N° 2 30 JANVIER 1920

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences, de l'Académie de Médecine

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Physique

Le spectre des isotopes. — En 1917, Aronberg avait comparé avec beaucoup de soin les longueurs d'onde de la raie $\lambda = 4058$ Å rayonnée par le plomb ordinaire et par le plomb-uranium extrait de la carnotite d'Australie. Il avait constaté que la longueur d'onde de la raie et de son satellite était plus grande d'environ 0,004 unité Angstrom pour le plomb-uranium que pour le plomb ordinaire. Cet important résultat a été confirmé récemment par T. R. Merton[1]. Les mesures de Merton montrent qu'il existe une différence, légère mais certaine, dans les spectres, différence qui concorde avec la valeur signalée par Aronberg. Elles indiquent également une différence dans les longueurs d'onde de la principale raie du plomb ordinaire et du plomb extrait de la thorite de Ceylan.

Merton signale, en outre, que le thallium de la pechblende serait un isotope du thallium ordinaire, le premier ayant le poids atomique le plus élevé.

L'agglutination des poudres solides par compression. — Les phénomènes d'agglutination qui se produisent lorsqu'on soumet à une compression plus ou moins forte certaines substances solides à l'état de poudre ont fait l'objet de travaux classiques de Spring[2], en particulier. Cette question a une grande importance pour la solution de certains problèmes de Physique du Globe ; elle est également intéressante au point de vue pratique, par exemple pour la préparation des comprimés en pharmacie ou le briquettage de diverses matières pulvérulentes dans l'industrie. Aussi a-t-elle continué à faire l'objet de recherches, parmi lesquelles il faut signaler celles, toutes récentes, de T. von Hagen[3] à l'Institut physico-chimique de l'Université de Berlin.

Cet auteur a opéré sur une série de substances inorganiques pures (halogénures, sulfates, oxydes, sulfures, nitrates, carbonates), au nombre de plus de 100, réduites en poudres assez fines pour traverser un tamis de 25 mailles au mm². Elles ont été comprimées, au moyen d'une presse pouvant donner 500 kg. au cm², en tablettes cylindriques pesant environ 0,15 gr.

Les comprimés ainsi obtenus peuvent être distingués, d'après leur aspect, en 5 catégories :

1° Substances si plastiques que, pendant la compression, elles s'écoulent sur les bords de la presse (substances *plastiques*); elles fléchissent sous la moindre pression ;

2° Substances qui se comportent comme semiliquides sous pression et forment ensuite une masse solide homogène (comprimés *homogènes*) ; ces comprimés se laissent couper au couteau et ont une tranche plane ; ils ne se désagrègent pas sous une charge maxima de 230 kg. par cm² ;

3° Substances dont la surface extérieure seule prend un aspect lisse, mais dont l'intérieur forme un conglomérat pulvérulent (comprimés *lisses*); pour la plupart, la pression de désagrégation est supérieure à 50 kg. par cm² ;

4° Substances dont l'aspect extérieur ne présente aucune modification reconnaissable après compression (comprimés *pulvérulents*); chez la plupart, la pression de désagrégation est notable, mais inférieure à 50 kg. par cm² ;

5° Substances qui ne se laissent pas agglomérer par compression (substances *inagglutinables*).

Une comparaison des comprimés obtenus montre que la solidité et l'aspect dépendent d'un certain nombre de propriétés de la substance :

1° Les substances parentes chimiquement et cristallographiquement ont la même apparence et la même dureté une fois comprimées;

2° Le point de fusion de la substance influe sur son agglutinabilité ; plus il est élevé, moins la substance est agglutinable ;

3° L'agglutinabilité diminue rapidement à mesure que la dureté augmente. Les substances d'une dureté de 1 à

1. *Nature* (Londres), t. CIV, p. 93 ; 1919.
2. W. SPRING : La plasticité des corps solides et ses rapports avec la formation des roches. *Rev. gén. des Sc.* du 30 sept. 1900, t. XI, pp. 1036-1042.
3. *Zeitsch. für Elektrochem.*, t. XXV, nos 23-24, pp. 375-386 ; 1er déc. 1919.

1,5 (à l'échelle de Mohs) fournissent des corps « plastiques », celles d'une dureté de 1,5 à 2,5 des comprimés « homogènes », « lisses » ou « pulvérulents ». A partir de la dureté 2,5, l'agglutinabilité diminue rapidement et elle cesse au-dessus de 5;

4° Les résultats de von Hagen confirment pleinement ceux de Spring sur l'influence de l'humidité adhérant aux substances. La quantité d'eau de constitution ne paraît pas influer d'une façon régulière sur l'agglutinabilité;

5° La solidité des comprimés pulvérulents et lisses dépend de la grosseur du grain ; elle croît quand le grain devient plus petit;

6° Les additions de substances bien agglutinables augmentent la solidité des comprimés de substances peu agglutinables; mais l'agglutinabilité des mélanges n'est pas une propriété additive de celles des composants : la courbe de solidité des comprimés de deux substances en proportions centésimales variables n'est pas linéaire, mais convexe ou concave vers l'axe des abscisses.

L'auteur a ensuite préparé avec un grain déterminé des comprimés de 0,5 gr. sous des pressions allant de 560 à 9.800 kg. par cm². Leur comparaison au point de vue de l'aspect, de la dureté et de la densité montre que ces trois propriétés sont fonctions de la pression. Pour les comprimés lisses et pulvérulents, la densité augmente linéairement avec la pression, jusqu'à ce qu'elle atteigne presque la densité de la substance normale, en même temps que le comprimé prend l'apparence homogène. La courbe des densités s'incurve alors fortement et se poursuit presque parallèlement à l'axe des abscisses. L'apparence et la dureté également ne varient plus dès que l'état homogène est atteint.

M. von Hagen a cherché à expliquer la nature de l'agglutinabilité et il a été amené à l'attribuer à la propriété des cristaux connue sous le nom de plasticité. Il y a un parallélisme très étroit entre les deux. Un corps est agglutinable sous une pression d'autant moindre qu'il est plus plastique, c'est-à-dire qu'il possède davantage la propriété d'opérer des translations. L'état homogène se produit par le réarrangement sans vides des cristaux isolés. L'examen microscopique de coupes minces faites au travers des comprimés confirme cette conclusion.

§ 2. — Chimie biologique

L'étude biochimique de l'évolution des êtres et l'évolution des protéines. — Jusqu'à une époque récente, l'évolution des êtres a été étudiée presque exclusivement par des méthodes morphologiques; depuis lors, l'application des méthodes expérimentales, par exemple en Génétique, a donné des résultats de grande valeur, mais toujours par des observations surtout anatomiques ; quant à l'étude biochimique de l'évolution, elle est encore à ses débuts. Comme des organismes anatomiquement très simples existent toujours côte à côte avec d'autres très complexes, on peut penser toutefois que l'étude de leur composition fournira quelques données sur la base chimique de la transition de l'une à l'autre. M. E. L. Kennaway vient de publier à ce sujet quelques considérations intéressantes sur l'évolution des protéines [1].

On sait que toutes les protéines qui ont été analysées sont constituées par des combinaisons d'amino-acides. Les plus communs de ceux qui se rencontrent dans les protéines sont au nombre de dix-sept, qui sont indiqués dans le tableau ci-après. De leur liste, il ressort avec évidence que les organismes qui synthétisent ces amino-acides font une sélection extraordinaire, tant au point de vue de la limitation de leur nombre que de la grande diversité de leur structure. Quelle en est la cause?

En cherchant des informations à ce sujet, on peut laisser de côté les animaux supérieurs, qui, dans les conditions normales, tirent leurs amino-acides, directement ou indirectement, des plantes. On sait peu de choses sur le métabolisme des Invertébrés. Les protéines des plantes supérieures, comme le blé, contiennent tous les amino-acides. Le problème de la chimie évolutive des protéines, à l'heure actuelle, se ramène donc à ceci : les plantes les plus simples (bactéries, levures) contiennent-elles tous les amino-acides présents dans les plantes supérieures ? Sinon, dans quelles plantes les autres apparaissent-ils ?

On trouve dans la dernière édition de l'ouvrage de Plimmer [1] un tableau qui permet de répondre à cette question ; il y reproduit les analyses, par différents savants, des protéines de 5 espèces de bactéries, de la levure et d'une espèce de moisissure, ainsi que d'un Protozoaire (*Noctiluca*). Nous le résumons ci-après, en y ajoutant la composition du caséinogène comme terme de comparaison :

	C.	N.	A. n.	B. t.	M. l.	B. d.	A. c.	L.
Glycine	o	+	+					+
Alanine	+	+	+					+
Valine	+			+	+	+		+
Leucine	+	+	+			+		+
Isoleucine						+		
Phénylalanine	+			+	+			+
Tyrosine	+	+				+		+
Sérine	+							?
Cystine	+			o	o	o	o	?
Ac. aspartique	+	+	+					+
Ac. glutamique	+		+					+
Tryptophane	+			+		+		+
Proline	+	+		+	+	+		+
Oxyproline	+							
Arginine	+	+		+	+	+	+	
Lysine	+	+		+	+	+	+	
Histidine	+	+		+	+	+	+	

(C = caséinogène; N = *Noctiluca;* A. n. = *Aspergillus niger;* B. t. = bacille tuberculeux; M. l. = *Mycobacterium lacticola;* B. d. = bacille diphtérique; A. c. = *Azotobacter chroococcum;* L. = levure. — Les + indiquent la présence, les 0 l'absence des amino-acides; les espaces en blanc indiquent que la présence ou l'absence n'a pas été déterminée.)

Ce tableau montre que les bactéries, la levure et la moisissure, prises ensemble, contiennent les 17 amino-acides, à l'exception de l'oxyproline, qui n'a pas été recherchée, et de la sérine et de la cystine, dont la présence est douteuse. Ces résultats, quoique maigres, indiquent que les organismes les plus simples actuellement existants ne contiennent pas d'amino-acides plus primitifs que ceux qui se trouvent dans les organismes supérieurs. D'après M. Kennaway, on peut supposer que la série actuelle, apparemment stéréotypée, d'amino-acides utilisables représente l'issue stable d'une lutte reculée entre des organismes simples, où ceux qui firent le choix le moins convenable furent battus et disparurent sans laisser de traces. La sélection des amino-acides doit avoir eu lieu à une période excessivement éloignée, car les premières traces de formes vivantes sur la Terre sont constituées par des organismes qui ne paraissent pas avoir une composition chimique différente de ceux qui existent aujourd'hui. La doctrine de la sélection naturelle donne l'impression que l'évolution s'est poursuivie d'une façon très graduelle. Mais à l'époque où les premiers amino-acides ont été produits et mis à l'épreuve, l'évolution organique doit avoir procédé très distinctement par sauts lorsque chaque composé nouveau a été synthétisé; puis la sélection naturelle a agi lentement et sûrement sur les organismes qui avaient fait l'un ou l'autre choix, et la série actuelle des amino-acides a été délimitée.

La sélection s'est montrée quelque peu arbitraire dans le choix des amino-acides qui ont subsisté : il ne s'en trouve, en effet, aucun à 4 atomes de carbone, mais seulement à 2, 3, 5 et 6 atomes de cet élément. Il reste sans doute beaucoup à apprendre sur les méthodes par

1. *The Chemical News*, t. CXX, n° 3117, p. 13 ; 9 janv. 1920.

1. The chemical constitution of proteins, part I, p. 247.

lesquelles les organismes arrivent à produire des substances convenables à leur métabolisme. On sait déjà que les Mammifères n'ont qu'un très faible pouvoir de synthèse des amino-acides et que les animaux dépendent presque entièrement des végétaux pour la fourniture des protéines. Le monde végétal a donc, pour ainsi dire, un pouvoir de blocage sur les animaux. Si la végétation terrestre prédominante à l'heure actuelle entrait dans une phase d'évolution où elle ne produirait plus qu'une quantité insuffisante d'un des amino-acides dont nous avons parlé, les animaux devraient s'adapter à ce changement, à moins que l'homme ne suppléât à cette transformation par des cultures appropriées. On peut concevoir que cet événement s'est produit dans le passé; ainsi, à la fin de l'Epoque secondaire, une faune extraordinairement diverse et abondante de Reptiles de grandes dimensions a totalement disparu, et il est difficile d'admettre que la compétition avec d'autres animaux a été la seule cause de cette extinction.

§ 3. — Géologie

Une Revue de documentation géologique. — Nous recevons la lettre suivante:

Monsieur le Directeur,

La *Revue générale des Sciences* a — à plusieurs reprises — attiré l'attention de ses lecteurs sur le monopole établi par les Allemands avant la guerre en matière de documentation scientifique.

Dans le numéro du 15 décembre 1919, à propos de l'*Annuaire général des Universités*, nous lisons des observations très justes de M. Louis Brunet sur le même sujet; nous nous rallions volontiers à son opinion qu'il est à craindre de voir les publications allemandes s'imposer à nouveau à ceux qui cherchent les éléments d'une documentation. Nous le regrettons, car nous savons, comme votre honorable collaborateur, que les revues bibliographiques allemandes « faisaient la part belle à leurs propres travaux ».

Cependant il serait inexact de croire qu'en dehors de l'*Annuaire général des Universités*, il n'a rien été tenté dans la voie de libération de la prédominance germanique.

Il vous sera agréable de savoir que la « *Société Géologique de Belgique* » a étudié depuis le début de l'année 1919 la création d'une revue bibliographique pour la Géologie. Le premier numéro de cet organe : *Revue de Géologie et des Sciences connexes*, aurait dû paraître ces jours-ci... ; malheureusement la grève des typographes à Liége en retarde le tirage; quoi qu'il en soit, des numéros spécimens seront incessamment mis à la disposition des personnes qui voudront nous en faire la demande[1].

C'est avec l'appui d'éminences scientifiques des régions les plus diverses que cette revue prend naissance; les plus encourageants témoignages de sympathie ont été prodigués à cette œuvre, qui est créée dans le pays qui fut la première victime de la guerre.

L'usage de l'anglais a été admis pour les correspondants parlant cette langue, le même avantage est accordé aux Italiens.

Nous osons espérer que — vu l'intérêt que vous portez à cette question — vous voudrez bien contribuer à la bonne réussite de la publication en tenant vos lecteurs au courant du contenu de la présente.

Veuillez, Monsieur le Directeur...

Ivan de Radzitzky.

§ 4. — Biologie

Hydrophilie de l'axonge cholestérinée. — C'est un très curieux et très intéressant travail que celui que vient de faire paraître sous ce titre M. Georges Fontès, avec, comme sous-titre : *Essai de pathogénie et de thérapeutique* in vitro *des œdèmes irréductibles*[1].

La graisse de laine possède la remarquable propriété d'absorber et de retenir une assez grande quantité d'eau; elle doit cette propriété, cette hydrophilie peut-on dire, non pas aux éthers de la cholestérine qui en représentent la plus grande partie, mais bien à la cholestérine libre et à l'oxycholestérine qui leur sont mélangées : ce sont là des faits connus grâce aux travaux de Braun (1820), d'Hartmann (1860), de Schulze (1872), de Lebreich (1885) et d'Unna (1907).

On possède au moins quelques indications tendant à démontrer que, dans les tissus et dans les cellules, la cholestérine exerce une action semblable à celle qu'elle possède dans la graisse de laine, et c'est de déterminer une imbibition plus considérable du tissu ou de la cellule que celle qui résulterait du simple jeu de la pression osmotique. C'est ainsi que Mayer et Schaeffer, en 1914, ont montré que l'imbibition des tissus varie dans le même sens que leur teneur en cholestérine, ou encore dans le même sens que le coefficient lipocytique, en désignant ainsi le rapport des poids de cholestérine et d'acides gras contenus dans un poids donné d'un tissu : ces faits sont assurément dignes d'être précieusement notés, car ils auront pour conséquence d'empêcher les biologistes d'imaginer, comme ils ont tendance à le faire aujourd'hui, que tous les équilibres aqueux de l'organisme, ou tous les échanges d'eau de l'organisme résultent de simples actions osmotiques[2].

Dans le domaine pathologique, si l'on considère les œdèmes qui sont fréquents, comme on sait, dans certaines catégories de néphrites, il est vraisemblable que quelques-uns (en particulier ceux qui ne disparaissent pas sous l'influence de la cure déchlorurée, ou à la suite de l'administration de théobromine ou de digitale) relèvent d'une imbibition analogue à celle que nous venons de considérer. Achard, Ribot et Leblanc ont en effet établi que, dans ces cas particuliers tout au moins, le rapport lipocytique du sérum sanguin devient très notablement supérieur à ce qu'il est dans le sérum sanguin normal : de la valeur 0,43 à 0,45 qu'il a dans le sérum normal, il passe à 0,60, à 0,70 et même à 0,76; ces cliniciens ont d'ailleurs constaté que l'œdème est d'autant plus tenace que le coefficient est plus élevé[3].

Tels sont les faits qui servent de point de départ au travail de M. Fontès. Celui-ci étudie tout d'abord le problème de la construction des hydrophilats, c'est-à-dire des masses constituées par la substance imbibable et l'eau d'imbibition. Il emploie comme substance imbibable un mélange d'axonge et de cholestérine, cette dernière y étant introduite en proportions variables, et de telle façon que le rapport lipocytique, ou plus exactement ici le rapport peu différent du poids de la cholestérine au poids de l'axonge, varie de 0 à 70 %. Il emploie comme eau d'imbibition soit de l'eau distillée, soit de l'eau salée, soit du sérum de Fleig, qui est une solution aqueuse, renfermant les principales substances cristalloïdes du plasma sanguin. Il constate que cette masse artificielle se comporte assez exactement, quant à l'imbibition dont elle peut être le siège, comme les tissus étudiés par Mayer et Schaeffer. Et il conclut que cette masse peut être substituée aux tissus, ce qui facilite évidemment l'étude de l'imbibition pour les milieux cholestérinés.

Si, comme on peut le supposer, les œdèmes irréductibles sont produits par le mécanisme de l'imbibition cholestérinée, on est autorisé à en chercher le traitement rationnel en étudiant comment, *in vitro*, on peut démolir les hydrophilats, objets de la précédente étude. M. Fontès examine donc comment se comporte son mélange imbibé, vis-à-vis de nombreuses substances : les matières grasses, les acides, les dissolvants des lipoïdes, les sels biliaires, le camphre, divers alcools, etc. Il trouve que

1. L'adresse du Secrétariat de la *Revue de Géologie* est : Laboratoire de Géologie de l'Université de Liége.

1. Thèse de Doct. de la Fac. de Méd. de Montpellier, 1919.
2. *Journ. de Physiol. et de Pathol. gén.*, 1914, p. 1 et 23.
3. *C. R. Soc. biol.*, 1919, p. 339.

les substances les plus aptes à démolir son hydrophilat sont la benzine, le toluène, le xylol, l'essence de térébenthine, l'essence d'eucalyptus, l'éther, le chloroforme, ainsi rangés par ordre d'activité décroissante. Il semblerait donc logique de tenter de traiter les œdèmes irréductibles par quelqu'un de ces agents, en choisissant parmi ceux qui peuvent être introduits dans l'organisme sans provoquer d'accidents : c'est le cas notamment pour l'éther, l'essence de térébenthine et l'essence d'eucalyptus. M. Fontès imagine que le premier pourrait être injecté dans le corps de l'œdème, et que les essences pourraient être administrées par voie gastrique.

Voilà donc une étude purement scientifique qui conduit à des déductions thérapeutiques. Très raisonnablement, il n'affirme pas que le résultat des essais qu'on pourrait tenter dans le cas d'œdèmes irréductibles sera nécessairement celui qu'on peut simplement espérer; il se borne à proposer une méthode nouvelle dont la pratique thérapeutique permettra de juger la valeur.

§ 5. — Géographie économique

Les débuts du canal de Panama. — Le canal de Panama a été ouvert au trafic en juillet 1914, peu avant l'ouverture des hostilités. Son trafic a pris immédiatement une grande importance, malgré les restrictions dues à la guerre et l'abandon du Pacifique par les marines européennes, surtout si on le compare à celui de Suez à l'origine[1]. La voie nouvelle a bénéficié de l'énorme progrès réalisé par les transports maritimes depuis 1870, comme le montrent les chiffres suivants :

Années	Nombre des navires	Tonnage brut. (milliers de tonnes)	Tonnage net (miliers de tonnes)	Chargement (milliers de tonnes)
juillet 1914-15	1.088	5.416	3.843	4.969
1915-16	787	3.596	2.479	3.140
1916-17	1.876	8.530	6.009	7.229
1917-18	2.130	9.371	6.658	7.562

La baisse de tonnage survenue en 1915-16 est due à un arrêt de sept mois dans l'utilisation du canal par suite des éboulements de la Culebra. Aussi continue-t-on les dragages dans la traversée de la tranchée, qui a été élargie à 215 mètres aux points les plus dangereux. D'ailleurs, au fur et à mesure des glissements, la pression des terres sur les rives diminue, et les éboulements ne se produisent plus guère qu'à la saison des pluies.

La zone du canal se développe et s'organise; en 1917, on comptait 24.983 employés, dont 3.555 blancs et 21.428 noirs.

Les deux ports terminus, Cristobal (Colon), sur l'Atlantique, et Balboa (Panama), sur le Pacifique, continuent le perfectionnement de leur outillage, les quais s'allongent et ils disposent aujourd'hui d'élévateurs à charbon, de docks, de cales sèches et de bassins de radoub. La traversée du canal exige une dizaine d'heures en moyenne ; elle est plus ou moins rapide suivant le tonnage et les dimensions des navires: le minimum enregistré a été de 5 h. 45 minutes.

En 1917-18, les pavillons se répartissaient de la manière suivante d'après le nombre des navires :

Angleterre	699	Japon	53
Etats-Unis	628	France	52
Norvège	296	Hollande	49
Danemark	100	Suède	26
Chili	96	Costa-Rica	20
Pérou	83	Espagne	12

Le mouvement des navires est plus intense du Pacifique dans l'Atlantique que dans le sens inverse. En totalisant le trafic de l'origine au 1er janvier 1917, les trois courants principaux se répartissaient comme suit : *a*) celui de la côte occidentale de l'Amérique du Sud vers la côte orientale des Etats-Unis et vers l'Europe, comprenant 1.288 navires, avec 5.074.000 tonnes de chargement ; *b*) le courant des ports atlantiques des Etats-Unis avec l'Extrême-Orient et l'Australasie, comprenant 353 navires, avec 2.337.000 tonnes de chargement; *c*) le courant des ports d'Europe à la côte Pacifique de l'Amérique du Nord, avec 238 navires et 1.311.000 tonnes de chargement. Quant à la nature du trafic, le tableau suivant en donne la décomposition pendant la même période de l'origine au 1er janvier 1917, et en milliers de tonnes :

Nitrates	2.691 (23 %)	Minerai de fer	181
Charbon	831 (7 %)	Coke	153
Pétrole raffiné	624 (5 %)	Cuivre	129
Pétrole brut	202	Matériel de chemins de fer	128
Sucre	578	Coton	99
Articles manufacturés de fer et d'acier	432	Cacao	66
Bois	320	Café	61
Orge	267	Laine	57
Blé	261	Textiles	40
		Vins et liqueurs	25

Il est à remarquer que deux des principales importations d'Extrême-Orient à destination des Etats-Unis, la soie et le thé, sont débarquées jusqu'ici dans les ports de la côte Pacifique et n'empruntent pas la voie du canal. Il est également intéressant de signaler le fait que les relations entre New-York et l'Australie s'établissent par la route du Cap, tandis qu'une bonne partie des exportations anglaises à destination d'Australie passent par la voie de Panama. La sécurité maritime revenue, les routes des isthmes, qui sont les routes de mer les plus courtes, seront encore plus fréquentées qu'avant la guerre parce que le gain de temps représente aujourd'hui une plus grande économie de frais, étant donné le coût beaucoup plus élevé des navires et l'augmentation du charbon et des salaires[1].

Pierre Clerget.

1. Trafic du canal de Suez pendant les premières années :

	Nombre de navires	Tonnage net (milliers de t.)	Passagers (milliers)
1870	486	436	26
1871	765	761	48
1872	1.082	1.439	67
1873	1.173	2.085	68

1. Un rapport commercial américain de 1916 cite le cas d'un navire de 10.000 tonnes, loué en time charter 1.500 dollars par jour, et mettant des ports de la Côte Est au Chili 45 jours par Magellan et 20 jours par Panama. Au gain de 20 jours de location s'ajoute l'économie sur le charbon et les salaires, auxquels il faudrait simplement retrancher la taxe de passage à travers le canal.

LA CRISE DU COMBUSTIBLE ET SES REMÈDES

La crise aiguë du combustible que nous traversons est assurément aggravée par les difficultés du transport et une répartition défectueuse de nos disponibilités, mais elle est due principalement à une pénurie, causée par une extraction insuffisante. Cette crise est générale; l'Angleterre, qui exportait avant la guerre 58 millions de tonnes de charbon, sur les 230 millions qu'elle produisait, se suffit à peine à elle-même aujourd'hui; les charbonnages allemands ne fournissaient, en novembre 1919, que les 62 centièmes de ce qu'ils avaient tiré du sol au mois correspondant de 1913; les Etats-Unis d'Amérique ont peut-être maintenu leur production, mais on a calculé que, pour combler le déficit européen, ils devraient nous apporter annuellement 80 millions de tonnes, soit le quadruple de leur exportation normale, et l'on ne pense pas qu'ils puissent le faire, alors même que leur flotte disposerait du tonnage nécessaire. La vaillante Belgique, qui a retrouvé à peu près les chiffres de son extraction passée, sera sans doute la plus empressée à soulager notre misère.

C'est la France qui souffre le plus du manque de houille. Elle se trouvait déjà dans une situation précaire avant la guerre, attendu qu'elle ne produisait par an que 40.130.000 tonnes, tandis qu'elle en consommait 64.830.000; les 793.000 t. de lignite et les 60.000 tonnes de tourbe, qu'elle extrayait d'autre part[1], constituaient un très maigre appoint au combustible dont elle disposait. Aujourd'hui la disette est bien plus grande dans notre malheureux pays; les charbonnages du Nord et du Pas-de-Calais, systématiquement et odieusement dévastés par l'ennemi, ont réduit considérablement leur extraction, qui dépassait autrefois 28 millions de tonnes, soit par mois 2.333.000 tonnes; celle-ci est tombée au tiers environ, attendu qu'en novembre 1919 elle n'était que de 90.000 tonnes dans le Nord, et de 689.000 tonnes dans le Pas-de-Calais. Nos autres régions charbonnières restées indemnes sont elles-mêmes en déficit, par inertie peut-être, mais plus encore par le désastreux effet d'une loi imprudente, réduisant à 6 heures et demie la durée effective de la journée de travail du mineur. La réannexion de l'Alsace-Lorraine et la reprise de ses mines et de celles de la Sarre, loin de corriger la situation, n'ont fait que l'empirer, puisque les 16 millions de tonnes annuelles de ce bassin ne suffisent pas à ses besoins en houille crue et surtout en coke. L'Allemagne devait livrer de ses charbons à l'Entente à partir de septembre 1919, et elle s'est exécutée en partie, mais elle ne manquera pas de prétextes pour tenter de se soustraire à ses engagements, en ceci comme dans le reste, si l'on continue à raisonner et à discuter avec ses représentants techniques. Bref, notre détresse est extrême, et l'on pourrait parler de la grande pitié de l'industrie de France, privée du charbon, qui est son pain quotidien. On a calculé que nous devrons importer 41 % de notre consommation. Il nous faut au moins cette quantité, car nous avons à remplacer de plus en plus le travail humain par celui des machines; en Amérique, la puissance des mécaniques, par paire de bras d'ouvrier, était au début du siècle double de ce qu'elle était en Angleterre, et presque triple de ce qu'elle était chez nous; nous étions donc bien en retard déjà sur nos concurrents industriels; et nous le serons davantage à la suite de cette lutte sauvage, qui nous a coûté un million et demi d'hommes.

Trouverons-nous à acheter à l'étranger ce qui nous manque? Oui, sans doute; mais ce sera au poids de l'or. Le prix de 25 francs la tonne, moyennement pratiqué en France avant la guerre, était taxé officiellement à 46 fr. 80 en 1916, pour le charbon national, et à 77 fr. 60 pour le charbon importé d'Angleterre; sur la fin de 1917, la cote était de 110 fr. 35 pour Paris et sa banlieue. En 1919, l'Office départemental de l'Est fixait à 150 francs le prix de la houille, et à 205 francs celui de l'anthracite; le 1er janvier 1920, ces prix étaient portés à 195 et à 260 francs, plus 15 francs pour la surtaxe spéciale dite de péréquation. Le 11 janvier, un ministre conseillait aux industriels lillois d'acheter du charbon américain, qui « rendu vous coûtera 300 francs la tonne », disait-il. Et les prix continuent de monter! On frémit en supputant la sortie de numéraire qu'entraîneront ces achats au dehors, et en envisageant la détérioration permanente du change qui en résultera.

Nous ne nous tirerons de cette situation dangereuse et angoissante qu'en diminuant à l'extrême notre consommation de combustible : il faudra se restreindre en tout, en supprimant non pas seulement le moindre gaspillage, mais encore

1. Ce sont les chiffres admis par M. Métivier dans le Rapport qu'il a présenté, le 27 juin 1919, au Comité général du Pétrole; ce rapport a été analysé dans le numéro du 4 octobre 1919 du *Génie Civil*.

les plus modestes emplois de luxe, et en réalisant des économies dans tous les domaines. Restriction et économie, économie stricte, poussée jusqu'à l'avarice la plus sordide ; tel est le cri général, jeté par les économistes et par les techniciens ; tous sont d'accord sur ce point.

L'accord est moins complet, lorsqu'on passe à l'examen des voies et moyens qui conduiront au résultat.

Jamais problème plus difficile n'a été posé aux ingénieurs. L'objet de cette étude est de discuter les solutions qui ont été suggérées et les méthodes qu'on a préconisées. Il en est d'excellentes, dont on peut escompter les heureux effets, et qu'on peut appliquer tout de suite : qu'on les mette en œuvre d'urgence. Plusieurs d'entre elles ne sont pas nouvelles, mais la mise au point, qui en est faite, leur confère une réelle supériorité sur des inventions plus récentes et plus originales, qui n'ont pas encore reçu le baptême de l'épreuve. Quelques-unes de ces dernières exercent sur les esprits, par leur élégance, une séduction qui fait oublier qu'elles exigeront de longs et laborieux tâtonnements ; d'autres sont encore dans le domaine des rêves. Méfions-nous des solutions trop générales ; il n'existe pas de panacées universelles. Gardons-nous aussi d'accorder à l'intervention du Dieu-Etat une puissance qu'il ne possède pas ; il paralyserait l'action de l'intérêt privé, s'il se substituait à lui, au lieu de se borner à l'aider.

Nous commencerons par nous rendre compte de l'usage qui est fait actuellement de notre combustible, afin de savoir quelles sont les branches dans lesquelles il importe le plus de réduire sa dépense, et quelle est la manière d'obtenir ce résultat le plus rapidement et le mieux possible, en utilisant les moyens dont nous disposons *hic et nunc*. Nous chercherons ensuite dans quelle mesure on peut suppléer au manque de houille par l'emploi de matières insuffisamment utilisées jusqu'ici, de succédanés et d'adjuvants. Nous verrons alors comment on arrivera à améliorer, en recourant à des procédés spéciaux et à des inventions nouvelles, le rendement des combustibles en calories et le rendement de ces calories en kilogrammètres, et nous entrerons dans le détail de cette technique spéciale.

Le sujet que nous nous proposons de traiter est extrêmement vaste et particulièrement délicat ; nous nous efforcerons de présenter d'abord des idées générales, avant d'analyser et de fouiller les méthodes à employer pour permettre à l'industrie française de lutter contre la concurrence de voisins, auxquels la Providence a plus largement départies réserves naturelles d'énergie, dont l'humanité disposera encore durant quelques siècles.

***

Le charbon reçoit dans l'industrie et dans la vie domestique les applications les plus diverses, qu'il est difficile de spécifier par le détail, en les classant d'après leur importance relative ; toutefois on peut attribuer d'une manière approximative les usages qui en sont faits, chez nous et à l'étranger, de la manière qui suit[1] :

	France	Angleterre	Allemagne	Etats-Unis d'Amérique
	1913	1907	1913	1915
Puissance motrice... Stations d'électricité.	28,5 %	14,4 %	14,1 % 12,9	33,0 %
Chemins de fer.....	16,6	4,7	9,3	24,0
Navigation.....	2,0	7,7	5,3	2,1
Usines à gaz.....	7,2	5,7	5,3	0,9
Fours à coke..... Métallurgie.....	19,4	7,7 5,8	23,4	11,6
Mines.....	7,8	6,1	4,0	1,9
Agriculture..... Céramique, etc.....	— —	3,0	3,5	—
Chauffage domestique	18,5	20,1	9,1	22,0
Exportation.....	0	24,8	13,1	4,5
	100,0	100,0	100,0	100,0

Voici d'autre part comment M. Métivier répartit les puissances motrices de l'industrie fixe française, marine et chemins de fer non compris :

Stations d'électricité	22,1 %
Métallurgie	17,0
Mines et carrières	16,2
Industrie textile	15,3
Industrie chimique	4,0
Agriculture et produits alimentaires	12,1
Industries diverses	13,3
	100,0

La puissance totale des machines motrices, auxquelles se rapporte cette évaluation, s'élève à 3.539.086 chevaux pour 81.740 unités, sur lesquelles il y a 34.115 locomobiles d'une puissance moyenne de 8,6 chevaux : il s'agit probablement ici de chevaux indiqués, mais M. Métivier ne précise pas ce point, qui ne manque néanmoins pas d'importance. La moyenne des machines productrices d'électricité est de 974 chevaux, par établissement ; elle n'est que de 90 chevaux pour

1. Ce tableau a été dressé d'après les indications du Rapport de M. Métivier, déjà cité, et de celui de M. Pinot, secrétaire du Comité des Forges de France ; pour l'étranger, les chiffres produits sont empruntés au livre de M. W. Bone : *Coal and its scientific uses*, pages 197, 477 et suivantes (Longmans, Green and C°, London, 1918).

l'industrie textile. On est porté à croire que les quatre premières branches de l'industrie consomment environ 13 millions de tonnes, ce qui fait ressortir le cheval-an à 5.250 kilogs, et le cheval-heure à 2 kilogs, en comptant sur 2.600 h. de travail à pleine charge. Pour les trois autres branches, qui comprennent les locomobiles, la consommation horaire par unité de puissance est pour le moins double. Mais ce ne sont là que de premières approximations sur lesquelles nous reviendrons plus loin.

La métallurgie de gros œuvre est un des plus gros consommateurs ; elle figurait dans le bilan charbonnier de la France pour 12.500.000 tonnes, en 1913 ; de fait, nous avons produit, en cette année, 5.207.000 tonnes de fonte et 5.093.000 tonnes d'acier. Les établissements d'Alsace-Lorraine porteront plus tard cette production au double, mais nous ne saurions dire quelle sera son importance en 1920, car les Allemands ont détruit 14 de nos plus grandes usines, et leur reconstitution progresse fort lentement.

La consommation domestique est d'environ 12 à 14 millions de tonnes. L'éclairage ne figure qu'implicitement dans nos relevés, par les usines à gaz et les centrales d'électricité.

Ce sont les machines motrices de toute espèce, la métallurgie, le chauffage et l'éclairage qui mettent le plus fortement à contribution nos ressources combustibles : c'est sur ces points que toute restriction et la moindre économie seront les plus opérantes et les plus immédiatement réalisables.

Se restreindre n'est guère possible, il est vrai, sur les postes qui intéressent la vie industrielle du pays : il ne faut point oublier que la puissance unité du cheval, du *horse power*, équivaut à celle de 21 hommes, et qu'on peut la faire travailler 24 heures, c'est-à-dire 3 fois 8 heures. Les Américains et les Anglais paraissent le savoir mieux que nous, je l'ai déjà signalé ; or, nous avons autant et plus qu'eux à produire pour les besoins du pays et l'exportation. Supprimer des trains sur les chemins de fer, c'est augmenter la crise des transports, dont nous souffrons déjà tant. La consommation domestique peut être réduite par une privation plus ou moins résignée des habitants, mais est-il une mesure plus restrictive que ne l'est la carte de charbon ? Je ne ferai pas à ceux qui nous administrent l'injure de croire qu'il soit fait des exceptions en faveur de foyers privilégiés. Il y aurait assurément un gain à réaliser sur l'éclairage de plusieurs boulevards trop étincelants de lumière, et surtout des établissements de nuit et des lieux de plaisir, music-halls et innombrables cinémas : n'oublions pas que toute économie réalisée sur eux permettrait d'accorder quelques sacs de charbon de plus aux ménages où des enfants et des vieillards grelottent. Le décalage de l'heure, imposé hativement cette année avant l'équinoxe, nous vaudra quelques centaines de mille tonnes sans nous imposer aucun sacrifice : c'est un artifice des plus louables, auquel la France a recouru des premières. En somme, on n'a pas le droit de nous accuser de gaspillage.

Est-ce à dire que nous sommes assez économes ? Les pauvres ne le sont jamais trop. Or, il semble que nous dépensions à l'ordinaire pour nous éclairer plus de calories, donc de combustible, qu'il ne faudrait. Le tableau ci-dessous paraît en témoigner. Il met en parallèle le nombre de calories qui correspond à la bougie-heure, fournie par les sources de lumière les plus modernes :

GAZ		ELECTRICITÉ	
Bec Auer droit.....	16 cal.	Incandescence, filament de charbon.....	32 cal.
— — renversé..	12	Incandescence, filament métallique..	13,75
Lampe à gaz surpressé..	5,75	Lampe 1/2 watt (atmosphère d'azote)	7,75
		Arc flamme.....	3,75

L'arc flamme d'une puissance de mille bougies, auquel se réfère cette dernière consommation si réduite, ne convient, il est vrai, qu'aux vastes espaces ; disons aussi que la lampe demi-watt ne descend guère au-dessous de 50 bougies. Quoi qu'il en soit, nous constatons qu'il y a des calories, donc du combustible à regagner dans l'éclairage par un choix judicieux des sources.

Il y en a bien plus à gagner dans le chauffage de nos maisons. De tous les appareils dans lesquels on brûle du charbon pour engendrer des calories, le plus imparfait est sans contestation possible le feu ouvert, dont la flamme claire réjouit nos yeux, mais qui jette à la cheminée, sans autre profit que de produire une ventilation de nos pièces, de 90 à 95 % du calorique développé, et le poêle, qu'on loue parce qu'il n'en dilapide que 80 à 85 %. De ce côté, on trouverait beaucoup à faire, si on le voulait. Les foyers américains et les salamandres seraient à recommander vivement, s'ils étaient toujours installés comme ils doivent l'être en respectant les lois de l'hygiène : il est vrai qu'ils exigent de bon anthracite, pour fonctionner convenablement. Le chauffage central par immeuble s'accommode de tout combustible, et conduit à une économie réelle, car il possède un rendement d'au moins 60 %. En Amérique, on a centralisé davantage, en créant des usines de chauffage, qui canalisent et vendent des calories. En attendant que nous en arrivions là, nous avons des marchands de

courant électrique dont la marchandise est coûteuse, mais qu'on peut néanmoins utiliser avec avantage, dans un cabinet de toilette, une salle à manger, chauffée seulement à l'heure des repas, un boudoir ou un petit salon, au moment d'une visite courte ou imprévue, en un mot pour des services intermittents ou momentanés. L'électricité reste chère malheureusement; et un kilowatt-heure ne fournit que 860 calories : c'est peu, pour ce que cela coûte ! Par contre, on fera observer que certains radiateurs utilisent les 90 ou 95 centièmes de l'énergie reçue. D'autre part, nous rappellerons aux Centrales d'électricité que leur courant pourrait être vendu à prix réduit aux heures mortes, pour améliorer leur facteur de puissance ; les heures mortes sont de midi à 13 heures, de 22 heures à 6 heures du matin. Le client installerait des appareils à accumulation ou récupération : tels sont certains radiateurs, utilisant l'eau comme volant de chaleur ; une résistance, en alliage chrome-nickel, enroulée sur cylindres isolants, enrobée dans un silicate, est renfermée dans des tubes à hydrogène raréfié, évitant l'oxydation du métal, et le tout est plongé dans une chambre d'eau. Disons, pour terminer, que l'électricité a déjà trouvé d'heureux emplois dans les cuisines anglaises : au restaurant Romano de Londres, on dépense 34 kilowatts-heure par jour pour toutes les opérations culinaires, et les cordons bleus de la maison s'en trouvent aussi bien que le gérant de l'établissement. On a calculé que si la moitié des opérations de cuisine et de chauffage étaient effectuées par l'intermédiaire du courant, sur toute l'étendue du Royaume-Uni, on arriverait bon an mal an à économiser 10 millions de tonnes de houille de bonne qualité. Enregistrons l'affirmation, sous bénéfice d'inventaire.

Le chauffage par le gaz de ville, plus ou moins additionné de gaz à l'eau, est aussi de nature à produire une économie de combustible : à Berlin, le mètre cube à 13,75 centimes avait été mis de pair avec le kilowatt-heure à 5 centimes. En Angleterre, 55 % du gaz des usines vont au chauffage, 35 à l'éclairage et 10 aux moteurs : nous avons moins de moteurs que nos alliés.

Nous brûlions en France, en 1913, environ 20 millions de tonnes de charbon pour engendrer de la puissance motrice, en dehors des chemins de fer et de la marine ; une économie de 10 % nous vaudrait donc 2 millions de tonnes. Cela vaut la peine d'y regarder de près.

La puissance motrice, développée par des moyens thermiques, peut l'être plus ou moins économiquement, c'est évident : il y a donc de ce chef un bénéfice certain à réaliser en maintes installations, et ce bénéfice peut être réalisé immédiatement. Il est vrai que, malgré l'intérêt qu'ils y trouveraient, beaucoup d'industriels, et non des moindres, ignorent le plus souvent le prix auquel leur revient l'énergie qu'ils produisent dans leurs établissements : les hauts prix des houilles les corrigeront de cette insouciance. Nous savons depuis longtemps que les Anglais, qui payaient la tonne 10 shillings (12 fr. 60)[1], se contentaient de machines à vapeur médiocres, consommant souvent 2 k. 250 par cheval-heure indiqué, tandis que les Suisses, qui achetaient aux Allemands leur combustible très cher, montaient des machines remarquablement économiques : prenons exemple des Suisses, et ne soyons pas moins avisés que nos bons voisins de Berne et de Zurich. Sacrifions résolument des installations défectueuses ou surannées, réparons et corrigeons celles qui peuvent l'être, quoi qu'il nous en coûte, mais surtout tirons le meilleur parti possible des appareils que nous possédons.

Pour cela, il faut l'œil du maître auquel rien n'échappe, qui contrôle le moindre détail, voit tout lui-même et supprime tout coulage. Par des essais et des observations judicieusement ordonnés et patiemment poursuivis, le chef d'industrie se rendra compte de la qualité des houilles employées, des quantités brûlées, de la manière dont elles sont brûlées, des poids d'eau vaporisée, de la puissance développée, de la constance de la pression aux générateurs et de la vitesse aux moteurs. Il viendra l'une ou l'autre fois surveiller un décrassage des feux, et ne rougira pas de faire trier les scories, dans lesquelles on récupère parfois 10 % d'escarbilles parfaitement combustibles. Cela peut s'effectuer dans les usines petites et grandes. Dans celles-ci, on organisera un service général d'économie de combustible disposant d'un matériel complet d'études, pyromètres, calorimètres, manomètres, enregistreurs de pression, de vitesse, de composition des fumées, compteurs d'eau ou de vapeur, etc. Ce service fonctionne, sous la direction de M. Laurent, à la Compagnie des Forges et Aciéries de la Marine et d'Homécourt[2] ; M. Charpy l'a introduit à l'usine Saint-Jacques de Montluçon. Les résultats sont extraordinaires : M. Damour a déclaré, en 1914, dans une conférence donnée à la Société d'Encouragement, que ces méthodes permettent d'obtenir une économie de 15 à 20 % et son dire n'a trouvé aucun contradicteur; souhaitons que ces procédés trouvent de nombreux imitateurs.

1. Ce prix avait augmenté de 38 %, depuis l'année 1900.
2. Voir le remarquable Mémoire de M. Laurent dans la *Revue de Métallurgie*, numéro de mars et avril 1918.

Il y a en général plus à gagner sur les chaudières qui produisent la vapeur que sur les machines qui actualisent son énergie. Deux facteurs sont prépondérants dans la conduite d'un foyer: le combustible et le chauffeur. On ne peut dire que chaque appareil exige son combustible; et pourtant, l'état physique de la houille et sa composition chimique, en particulier sa teneur en matières volatiles et en cendres, et la plus ou moins grande fusibilité de celles-ci, ont une influence sur le rendement, qui varie avec la forme du foyer, avec celle de la grille et l'intensité du tirage dont on dispose. Mais je ne peux entrer en ce moment dans le détail de cette discussion, et me contenterai de faire remarquer que d'une part un charbon à plus de 30 % de matières volatiles et renfermant près de 20 % de cendres à point de fusion relativement bas, et que d'autre part des fines trop maigres, qui ne s'agglutinent pas, sont d'un emploi fort ingrat[1]. Toutefois n'insistons pas sur ces points : aujourd'hui on brûle le charbon qu'on trouve, sauf à l'employer le mieux possible.

Cet emploi dépend du chauffeur, dont le rôle ne saurait être trop apprécié; on l'a appelé, non sans humour, le chevalier de la pelle et du registre, et ce n'est pas mal dit, car ces braves serviteurs du foyer développent souvent une activité et un dévouement qu'on ne saurait trop louer. Leur influence sur l'économie du combustible est énorme. Nos concours annuels de chauffeurs de la Société industrielle de Lille, auxquels prennent part de 15 à 20 concurrents, nous font constater des écarts de rendement de 15 %; au concours de Liége, organisé lors de l'Exposition de 1905, il se présenta 83 concurrents et l'écart atteignit 30 % du premier au dernier, ainsi qu'il ressort du tableau ci-dessous :

	Vapeur produite par kilo de charbon	Rendement de la chaudière
	—	—
1er du concours	8 k. 502	70,79 %
50e —	7 k. 344	62,43
83e —	5 k. 925	49,48

Inutile de faire remarquer que ces chauffeurs constituaient une élite d'ouvriers et que leur savoir-faire était surexcité par l'appât des récompenses à conquérir.

1. Le meilleur combustible pour chaudière est le demi-gras; quand on n'en reçoit pas de la mine, on peut faire des mélanges qui se rapprochent de cette qualité type, à 16 % environ de matières volatiles. Les résultats obtenus ainsi sont quelquefois surprenants; les maîtres de l'école de Mulhouse ont démontré qu'un mélange judicieux de deux houilles peut donner un rendement supérieur de 10 % à la moyenne des composants; tel est le cas d'un mélange de 1/3 de Ronchamp et de 2/3 de Creusot. J'ai fait ailleurs des constatations analogues.

Les 30 meilleurs d'entre eux furent de nouveau mis aux prises en faisant encore emploi d'un même charbon, mais pris sous forme de grains, de braisettes ou de fines, et le rendement varia, selon les catégories, entre 16 et 33 %, la braisette 10/20 à 15/30 donnant le meilleur résultat.

Les considérations succinctes qui précèdent suffisent pour établir ce que je voulais démontrer, à savoir qu'il y a un art d'employer le combustible dont on dispose et qu'on peut réaliser ainsi, sans délai, d'importantes économies : elles sont beaucoup moindres pour la machine thermique, qui transforme les calories en kilogrammètres. D'une machine à vapeur à l'autre de même puissance on gagne difficilement 10 %; d'autre part, si un moteur à gaz pauvre permet d'économiser beaucoup mieux les calories, il lui faut un charbon de choix, pas trop riche en matières volatiles, ne renfermant pas trop de cendres, ne contenant pas de poussier, qu'on ne se procure pas aisément dans les conditions voulues dans notre extrême pénurie actuelle[1]. D'ailleurs, le moteur à gaz perd une partie de ses avantages économiques dans les industries qui ont besoin de vapeur : il est rare que la récupération de la chaleur des gaz de l'échappement du moteur dispense alors d'installer à côté de lui une chaudière, et le gain de charbon que l'on avait escompté s'évanouit souvent; dès lors, la machine à vapeur reprend la supériorité. Sa décharge est utilisable pour des chauffages variés dans des aéro-condenseurs pour sécheries, ou encore dans des réchauffeurs d'eau en teinturerie et en brasserie. En ces dernières années, ces applications se sont répandues et vulgarisées, et l'on a vu par exemple des établissements de bains publics installer des générateurs à haute pression, dont la vapeur se détendait d'abord dans un groupe électrogène avant d'aller chauffer l'eau des baignoires, de telle sorte que l'établissement était éclairé et actionné gratuitement, si même il ne vendait pas d'énergie électrique au dehors. Les machines et turbines à contre-pression et dérivation de vapeur forment une autre catégorie de moteurs à utilisation double de l'énergie calorifique, sur lesquels nous aurons à revenir.

En métallurgie et sidérurgie, nos ingénieurs étaient près de regagner, en 1914, l'avance qu'avaient prise sur eux leurs collègues de Belgique, d'Angleterre, d'Amérique et d'Allemagne,

1. Je me permets de renvoyer à une conférence que j'ai donnée à la Société Industrielle de Lille en 1913, sur la *crise de la machine à vapeur*, dans laquelle j'ai développé le parallèle entre les meilleures machines thermiques.

et nos installations rivalisaient avec les leurs : pour la fonte de fer, 1 tonne pour une de coke, un peu moins pour les produits finis d'acier, 5 pour 1 pour le zinc, tels étaient les chiffres admis généralement, qui laissaient peu de marge aux améliorations courantes. Toutefois, dans son étude déjà citée, M. Laurent signalait que, à Homécourt, un bénéfice « de 10 kgr. sur la mise au mille concomitante à une disposition de gaz de haut fourneau représentait 25 kgr. par tonne de fonte, soit une économie de 35 kgr. »; sur un four Martin, on avait conquis 100 kgr. par tonne d'acier, grâce à une habile organisation de surveillance et d'inspection. L'utilisation directe des gaz de hauts fourneaux par moteurs s'impose partout; autrefois on brûlait 1.400 litres de ces gaz pour produire 1 kgr. de vapeur par les chaudières ; ce volume donne un demi-cheval-heure effectif aux moteurs, ce qui correspond à un rendement cinq fois plus élevé et n'exige qu'un complément d'épuration. Tel établissement qui consommait autrefois 5.300 tonnes par mois de houille crue n'en emploie plus que 600 depuis qu'il a parfait ses installations[1]. Sur ce terrain, plus rien à innover, car les résultats sont acquis : il n'y a qu'à suivre le mouvement. Nos métallurgistes le feront.

Nos fours à coke à récupération sont eux aussi au point : on n'aura qu'à les développer et à veiller à l'emploi de leurs nombreux et précieux sous-produits. Le 11 juin 1917, M. Charpy annonçait à l'Académie des Sciences qu'un traitement thermique convenable permettait d'obtenir de bon coke métallurgique avec des houilles qu'on croyait jusque-là inutilisables à cet effet; d'autre part, les usines à gaz ont trouvé le moyen, en élevant la température de leurs cornues, de fournir un coke plus dense, et un goudron plus fluide, sans exagérer néanmoins les décompositions pyrogénées du gaz; ce coke trouvera son emploi en métallurgie, et maintenant qu'il existe des hauts fourneaux non seulement dans l'Est, dans le Nord, dans la Loire et dans les Pyrénées, mais encore dans la Normandie, la Loire-Inférieure et ailleurs, les usines trouveront des débouchés faciles pour ce coke, dont la vente sera moins paralysée par les difficultés de son transport.

La revue rapide que nous venons de faire est assurément incomplète ; mais elle suffit pour démontrer que nous pouvons, dès maintenant et avec les moyens dont nous disposons déjà, réaliser de copieuses économies de combustible. Qu'on se mette donc à l'œuvre ; il y a urgence !

1. Cf. WITZ ; *Dernière évolution du moteur à gaz* ; page 98. Paris, Geisler, 1910.

***

On dira qu'il y a mieux à faire.

Ce sera l'œuvre de demain, sinon de plus tard : mais le proverbe prétend qu'il vaut mieux tard que jamais, et il faut en croire le proverbe.

L'intérêt national est tellement engagé dans l'économie du charbon, chaque tonne de ce précieux produit brûlée en moins augmente tellement l'actif du pays, qu'il ne faut reculer devant aucun moyen pour obtenir ce résultat : or, l'intérêt privé ne suffirait pas pour cela, dit-on. La plus ou moins parfaite utilisation du combustible ne doit plus dépendre uniquement de la bonne volonté ou du savoir-faire de chacun. Il faut des méthodes nouvelles et des procédés meilleurs : de plus, une coordination d'ensemble des efforts s'impose absolument.

Commençons par réaliser une union étroite entre la science et l'industrie : c'est la première condition de toute entreprise féconde.

Sur l'initiative de M. H. Le Chatelier, l'Académie des Sciences a donné l'appui de sa haute autorité à la création, en France, d'un Laboratoire national de recherches scientifiques, destinées à fournir à nos industriels les renseignements que ceux des Etats-Unis, de la Grande-Bretagne et de l'Allemagne trouvent auprès d'organismes de recherches tels que le *Physical Laboratory*, le *Bureau of Standards*, le *National Research Council*, l'*Advisory Council*, le *Physikalisches Technisches Reichsanstalt*. Que nos Sociétés d'ingénieurs et nos Revues techniques prennent aussi exemple de l'*Engineering*, qui avait inauguré une série de conférences, consacrées aux *Unsolved problems*, aux problèmes non résolus de telle ou telle industrie. Nous sommes entrés dans cette voie : rappelons en particulier qu'il se publie, sous le patronage du Ministère de l'Instruction publique, un *Bulletin mensuel de la Direction des Recherches scientifiques et industrielles*[1]. Des séries de conférences, déjà organisées avant la guerre, vont être reprises.

Voici en quels termes M. H. Le Chatelier a tracé le rôle industriel du savant :

« Les savants doivent se garder de la tendance de déserter la science véritable pour se livrer à des tâtonnements empiriques, et essayer de mettre eux-mêmes sur pied de véritables procédés industriels. C'est là une erreur complète. Faute d'être documentés sur les essais innombrables déjà faits dans les usines, ils redécouvrent des choses archiconnues et perdent leur temps à des tâtonnements que des ingénieurs ou des contre-

1. Le n° 2 a paru en décembre 1919 ; imprimerie Lahure, Paris.

maîtres feraient aussi bien et mieux qu'eux. Leur rôle doit se borner à étudier les lois scientifiques des phénomènes élémentaires appliqués par les industriels, et à ces derniers incombe le soin de tirer parti des documents ainsi mis à leur disposition [1]. »

Ces paroles de l'éminent maître seront entendues et méditées, non seulement par les hommes de science, auxquelles elles s'adressent directement, mais encore par les inventeurs, qui gravitent autour d'eux : ceux-ci devront se garder de vouloir tout modifier et perfectionner, en forçant quelquefois les possibilités d'une technique trop rationnelle ; qu'ils localisent plutôt leurs efforts suivant des directions déterminées, avec constance, et sans les disperser outre mesure, s'ils veulent les rendre fructueux.

Ces remarques faites, passons en revue les procédés qui sont préconisés pour assurer l'économie du combustible pour ainsi dire automatiquement, et par le fait même plus sûrement. Mais je demanderai d'abord la permission de signaler quelques exagérations commises dans l'appréciation de l'état actuel des choses. Passons sur ces descriptions tendancieuses dans lesquelles une critique pessimiste se complaît : on nous fait voir des cheminées d'usines, dégageant de longues volutes de fumées noires et épaisses, chargées de carbone et d'hydrocarbures, témoignage de combustions défectueuses, rejetant dans l'air des gaz à 350°, des soupapes laissant bruyamment échapper des tourbillons de vapeur, des canalisations mal isolées, des scories formées d'escarbilles utilisables, des parois rayonnant du calorique irrémédiablement perdu, des machines surchargées, à détente insuffisante, sans régularité, des moteurs d'un rendement dérisoire, etc. ; ce sont des horreurs économiques qui existent assurément, mais que j'ai rarement observées. Dans une de nos plus grandes Revues, j'ai découpé les lignes suivantes dans un article sorti d'une plume autorisée : « Tout compte fait, la dépense de charbon par cheval-heure peut souvent être réduite à la moitié, quelquefois au tiers, par substitution de Centrales aux moteurs particuliers [2]. » Heureuses Centrales ! Y aurait-il une thermodynamique spéciale pour elles ? Un autre, auteur d'un livre généralement fort bien documenté, affirme que la commande individuelle électrique permet d'obtenir sur les transmissions mécaniques une économie d'énergie qui peut atteindre 50 % ; il ne connaît donc pas les rendements obtenus par les transmissions par câbles, et je l'invite à visiter nos filatures, dans lesquelles nous lui ferons voir des cages à câbles dont le fonctionnement est extrêmement économique. On a dit aussi que les plus grands établissements avaient intérêt à devenir les clients des marchands d'électricité, jusqu'à des puissances de plusieurs mille kilowatts : cette proposition pourrait être admise dans sa généralité pour 100 ou 200 kilowatts, mais au delà, c'est une question d'espèce, qui exige un sérieux examen dans chaque cas particulier. Arrêtons notre attention sur ce point, qui est d'une importance primordiale aujourd'hui.

C'est par des grandes distributions d'électricité que de nombreux ingénieurs espèrent résoudre le problème de l'utilisation du combustible. Ils partent du principe incontestable que les facilités du transport de l'énergie sous sa forme électrique mettent cette énergie à la disposition de toutes les industries dans des conditions de simplicité et de commodité remarquables, et ils ajoutent que c'est en passant par l'électricité que l'on opère les transformations de l'énergie calorifique en énergie mécanique avec le minimum de déchet, ce qui est exact en beaucoup de cas, sinon en tous. Voici quels sont les projets formés. On commencerait par relier et interconnecter tous les réseaux actuellement existants, en unifiant (on dit en standardisant) les caractéristiques de leur courant, de manière à permettre leur conjugaison ; on compléterait les circuits ainsi obtenus en y joignant certaines lignes et en y insérant de nouvelles stations hydroélectriques et thermiques. La France se trouverait de la sorte couverte d'une toile d'araignée, dont les fils passeraient par les points les plus favorables à une distribution fructueuse, et sur laquelle seraient installées les stations hydro-électriques et thermiques aux endroits d'élection. Ces points seraient choisis de manière à procurer le maximum de rendement : dans les Alpes, les Pyrénées, sur le Rhin, pour utiliser la houille blanche des glaciers, sur le Plateau central pour la houille verte des rivières, sur les côtes de la mer (nous en avons 1.500 kilomètres) pour la houille bleue des marées, dans le voisinage des puits de mines, près des ports d'importation, pour supprimer les transports de charbon. En plus de Centrales énormes, du type américain, on en créerait de plus petites, à titre auxiliaire, pour capter sur leurs parcours des énergies hydrauliques perdues, ou pour utiliser sur place des houilles inférieures ou d'autres combustibles, dont la valeur ne tolère pas les frais de voie de fer ou de voie d'eau. Cette conception est simple,

1. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 29 janvier 1917.

2. Ces lignes ont été écrites en 1918.

logique, rationnelle ; elle n'est pas neuve, et elle aurait dû être entreprise et réalisée depuis longtemps. Il est toujours temps de bien faire.

Toute l'énergie qu'on n'utilise pas immédiatement et qu'on n'accumule pas, pour en form er des réserves, risque de se perdre.

En combinant les usines et les diverses sources d'énergie, on arrivera à compenser les insuffisances des unes par les excédents des autres ; par exemple, les stations du régime glaciaire, déficitaires de moitié en hiver, seront suppléées par celles du régime pluvial, surabondantes en cette saison. Une organisation méthodique remédiera à des arrêts simultanés de consommateurs, en même temps qu'elle additionnera aux heures de pointe de nombreuses puissances instantanées, de manière à équilibrer harmonieusement les demandes par des offres, et à réaliser des coefficients d'utilisation inespérés. On arrivera de la sorte à éclairer et à chauffer les villes et les villages situés sur le réseau, à actionner des petits établissements industriels, à fournir de l'énergie à l'agriculture, pour ses travaux d'été et d'hiver, à alimenter de courant des établissements électrochimiques aux heures où les autres dorment, à électrifier les chemins de fer et finalement à réserver le charbon aux industries métallurgiques et autres qui ne peuvent s'en passer, et à obtenir dans l'ensemble une réelle économie.

En quelques situations particulières et spéciales, on fera des bénéfices inattendus : ainsi, en montant une centrale à côté d'une batterie de fours à coke on trouvera l'emploi immédiat du coke incandescent et l'on récupérera sa chaleur sensible, ce à quoi l'on n'avait guère pensé jusqu'ici.

Ce ne sera pas le moindre bénéfice de la cokéfaction des houilles, à laquelle les réformateurs de l'emploi des combustibles attachent tant d'importance aujourd'hui.

La base de leur thèse est essentiellement simpliste : la combustion de la houille dans des foyers, telle qu'elle est habituellement pratiquée, est une véritable barbarie, attendu qu'elle fait perdre de précieux produits, aisément récupérables, et notamment des goudrons, des benzols, des produits azotés et des brais ; les uns sont eux-mêmes des combustibles, les autres ont une valeur vénale intrinsèque, il faut les recueillir pour les utiliser au mieux. Le moyen à employer, calqué sur celui des cokeries et des usines à gaz, consiste à distiller d'abord la houille crue et à produire du coke d'une part, de l'autre des gaz, du benzol, du goudron, du brai, éléments combustibles ou transformables, et des produits ammoniacaux ; le coke sera repris dans des gazogènes, en vue d'une gazéification [1]. M. Métivier s'est complu à établir le bilan de ces opérations : une tonne de houille peut donner 300 m³ de gaz de distillation à 4.500 calories, 2.800 m³ de gaz de gazéification à 1.100 calories, 5 kg. de benzol, 10 kg. d'huiles lourdes et 16 de brai dont le pouvoir calorifique respectif est de 9.500, 8.500 et 8.500 calories, au total 4.035,5 milliards de calories, soit la moitié seulement des calories de la houille crue ; mais les combustibles artificiels engendrés, et surtout les gaz, sont susceptibles d'une utilisation tellement supérieure dans les foyers et dans les moteurs à gaz que l'on gagnerait finalement tout de même 32,5 % de puissance [2]. En d'autres termes, la première transformation ne donnerait que moitié des calories originaires, mais cette moitié serait acquise sous des formes dont l'utilisation thermique ultérieure procurerait quand même un bénéfice final ; on fait ressortir à l'appui de cette conclusion si optimiste les avantages d'une combustion complète, par la quantité d'air strictement nécessaire, la suppression des pertes dues à un excès d'air, aux escarbilles, etc. On conclut à la création, sur un mode moderne et dans des conditions remarquables d'économie, de vastes usines à gaz et de supercentrales électriques. M. Métivier entrevoit d'ailleurs une rénovation des procédés archaïques du chauffage domestique et une grande amélioration des installations produisant la puissance motrice dans un grand nombre d'établissements industriels et agricoles. Bien que les opérations envisagées ne s'appliquent qu'à certaines catégories de houilles, riches en matières volatiles, donnant un coke compact, ne renfermant pas trop de cendres, le savant ingénieur est plein de foi dans l'avenir et il croit fermement au succès de la nouvelle méthode d'emploi de la houille française.

Son rapport a été présenté au Comité général des pétroles et combustibles, qui a édifié aussitôt un immense programme sur les bases indiquées ci-dessus.

A titre d'exemple, M. Métivier étudie une application à faire dans les 4 départements de la Brie et de la Beauce, qui consommaient avant guerre 2 millions de tonnes de houille par an. Les installations comprendraient des fours à coke, des gazogènes, des appareils de récupération, une station centrale, des canalisations de gaz, des lignes électriques, etc., dont le prix se serait élevé avant guerre de 260 à 280 millions ;

1. Les Allemands font usage, pour désigner la distillation et la gazéification, des deux mots *Entgasung* et *Vergasung* dont l'opposition des préfixes est significative.

2. Voir le *Génie Civil*, 4 octobre 1919.

les dépenses annuelles sont estimées à 56-76 millions de francs contre 75-103 millions de recettes. Le *Génie Civil* déclare qu'il y a là de quoi satisfaire les esprits les plus entreprenants. Nous partageons entièrement cet avis, mais nous trouvons aussi qu'il y a de quoi effrayer les gens timorés.

En effet, pour la France entière, qui consommait 64 millions de tonnes annuellement, le capital à immobiliser serait 32 fois plus considérable et on peut l'évaluer à 9 milliards de francs au moins, valeur 1914, soit à 30 milliards dans les circonstances présentes.

Où trouver ces capitaux? Qui les garantira contre tous les aléas que comportera fatalement une telle entreprise? Et à quel prix les administrateurs de l'affaire vendront-ils à leurs clients le kilowatt-heure produit? Ce prix de vente devra couvrir tous les frais d'exploitation, les charges d'intérêt et d'amortissement et rester avantageux pour l'acheteur, petit et grand, comme pour le vendeur.

A ces questions, la réponse est toute prête. Il s'agit de la « création d'une industrie spéciale ayant l'indépendance thermique nationale pour but »; c'est ainsi qu'elle est spécifiée dans le rapport : il appartient donc à l'Etat d'intervenir. Lui seul d'ailleurs est à même de le faire.

Mais continuons le raisonnement. Si l'Etat intervient, cette chose deviendra sienne, et, nationalisée, elle sera l'objet d'un monopole. Et voilà que l'Etat, non content d'être fabricant et marchand de tabac et d'allumettes, de poudre de chasse et de guerre, et de cartes à jouer, d'exploiter les postes et télégraphes et une ligne de chemins de fer, d'être le grand importateur et répartiteur de combustible, va encore se faire marchand d'électricité!

Un député de la Chambre défunte a eu la franchise de poursuivre le raisonnement et de conclure. C'est le « moyen le plur sûr, a-t-il dit, de préserver l'industrie nationale des dangers que lui fait courir et qu'aggrave chaque jour la persistance de la crise du charbon »; « l'Etat fournira, à bas prix, l'énergie électrique, partout où les réseaux de distribution pourront atteindre »; les industriels resteront libres de prendre du courant ou de n'en pas prendre, mais ceux qui ne s'abonneront pas au secteur sont prévenus que l'on ne fournira de charbon, « pour la puissance motrice, que là où les chaudières les plus modernes et les plus économiques seront installées ».

Amenée à ce point, la question du combustible échappe à ma compétence : aux économistes à la discuter. Pour moi, je crois que l'économie ne s'impose pas aisément et ne se décrète pas, et je l'attends de l'initiative privée, guidée par son intérêt et sa bonne volonté, évoluant en pleine liberté : je montrerai par la suite de cette étude les moyens qu'elle peut employer et les résultats qu'on peut en attendre[1].

Aimé Witz,
Correspondant de l'Institut.

1. La suite de cette étude comportera trois articles intitulés :

La houille, ses succédanés et ses adjuvants;
La meilleure utilisation des combustibles;
La meilleure application des calories produites,

qui paraîtront successivement dans nos prochains numéros.

Simultanément, la *Revue* publiera les monographies suivantes sur divers combustibles dont l'emploi a pris récemment une certaine extension :

M. Fourniols : Le chauffage industriel par le charbon pulvérisé;
A. Berger : Le combustible liquide;
M. Desmarets : Le combustible colloïdal.

(Note de la Réd.)

LA GUERRE DES GAZ

GÉNÉRALITÉS. — L'ŒUVRE FRANÇAISE[1]

Par les Actes de la Haye du 29 juillet 1899, toutes les nations européennes s'étaient interdit l'emploi de projectiles ayant « pur but unique de répandre des gaz asphyxiants ou délétères ».

Et néanmoins, le 22 avril 1915, vers 5 heures du soir, sur le front de Belgique, entre Bixchoote et Langemarck, un épais nuage de vapeurs lourdes d'un vert jaunâtre sortait des tranchées allemandes et, poussé par la brise, arrivait sur les lignes françaises, suivi par des contingents

1. Conférence faite au Laboratoire de M. A. Haller à la Sorbonne. Ces conférences, instituées en 1902, ont été interrompues depuis un certain nombre d'années. C'est grâce à la libéralité de M. E. Solvay qu'elles ont pu être reprises au commencement de cette année. On se propose de les continuer comme par le passé. Publiées d'abord par la *Revue générale des Sciences*, elles seront ensuite réunies en volumes. (A. H.)

ennemis qui s'avançaient en tirant des coups de fusil. Un nuage de chlore venait de faire périr un grand nombre des nôtres, l'Allemagne venait de violer la Convention de la Haye comme elle avait violé la neutralité de la Belgique et les lois relatives aux usages de la guerre.

I. — Généralités

Laissant de côté l'historique complet de la guerre des gaz, nous allons nous attacher à en faire un exposé technique général.

Comment se présente la question des « gaz », au bout de quatre années d'études?

Tout d'abord, puisque les conventions internationales nous ont amené à prononcer les mots « asphyxiant » et « délétère », définissons-les.

Le *Dictionnaire de la langue française* de Littré nous donne les réponses suivantes :

D'après la définition du mot « *asphyxie* », un gaz asphyxiant est un gaz qui suspend la respiration et provoque un état de mort apparente ou imminente.

Un gaz délétère est un gaz qui attaque la santé, les sources de la vie, qui est susceptible de nuire à la santé ou de déterminer la mort.

Ces deux catégories diplomatiques de gaz peuvent-elles servir de base à une classification?

Notre connaissance actuelle des « gaz » nous montre, ainsi que nous le verrons par la suite, qu'elles sont insuffisantes et qu'il faut les abandonner. C'est pour cette raison que nous éviterons dans notre exposé d'employer l'appellation générale « gaz asphyxiant » et que nous utiliserons l'expression « gaz de combat ». Ni l'appellation « gaz asphyxiant », ni l'appellation « gaz délétère » ni l'ensemble des deux, ne sont en effet suffisamment générales pour englober tous les cas qui se présentent dans la guerre des gaz.

Considérant alors la question sous son aspect véritable, nous examinerons successivement les gaz de combat au triple point de vue physique, physiologique et tactique.

§ 1. — Point de vue physique

Au point de vue physique, nous remarquerons que les gaz de combat ne sont pas forcément des gaz ; la liste suivante des produits allemands (tableau I) le prouve nettement.

Ce sont donc surtout des liquides. Il faut noter de plus que ces corps ont été employés soit seuls, soit en mélanges, ainsi que M. Florentin l'exposera dans une prochaine conférence. Un gaz de combat est donc un corps ou un mélange de corps : solide très divisé, liquide pulvérisé ou vaporisé, ou gaz proprement dit.

L'expression communément adoptée de « gaz asphyxiant » provient simplement de ce que le premier gaz de combat nettement caractérisé employé par l'ennemi, le chlore, était réellement un gaz. L'emploi ultérieur de liquides, puis enfin de solides, est venu déformer le sens que l'on attache habituellement en Physique au mot « gaz ».

§ 2. — Point de vue physiologique

Dans la classification physiologique des gaz de combat, on distingue cinq catégories *fondamentales* de corps :

1° les *suffocants*, qui, par réaction sur le système pulmonaire, provoquent la toux et peuvent

Tableau I. — **Gaz de combat employés par les Allemands.**

Date d'apparition	Corps	Etat physique
1915 avril	chlore	gaz
— juin	brome	liquide
— juin (soupçonné depuis longtemps)	bromure de benzyle	liquide
— juillet	bromacétone	liquide
— août	chlorosulfate de méthyle	liquide
	chloroformiate de chlorométhyle	liquide
— août	bromométhyléthylcétone	liquide
1916 juillet	chloroformiate de trichlorométhyle	liquide
— décembre	phosgène	gaz (Eb : + 8°)
1917 mai	chloropicrine	liquide
— juillet	sulfure d'éthyle dichloré	liquide (F : + 14°)
— septembre	diphénylchloroarsine	solide
	monophényldichloroarsine	liquide
— septembre	chlorure de phénylcarbylamine	liquide
1918 avril	oxyde de méthyle dichloré	liquide
— avril	dichloroéthylarsine	liquide
— avril	dibromoéthylarsine	liquide
— juin	cyanure de diphénylarsine	solide
— septembre	N-éthylcarbazol	solide

amener la mort par asphyxie due à des lésions pulmonaires (asphyxiants diplomatiques);

2° les *toxiques*, qui, pénétrant dans l'organisme et y atteignant tel ou tel organe essentiel, provoquent secondairement des accidents généraux ; certains d'entre eux, par exemple, touchent particulièrement le système nerveux, certains autres les globules rouges du sang (délétères diplomatiques);

3° les *lacrymogènes*, qui, par réaction sur l'œil, provoquent le larmoiement et de ce fait mettent l'homme dans l'impossibilité de voir pendant un temps plus ou moins long;

4° les *vésicants*, qui, par réaction sur la peau, provoquent des brûlures plus ou moins graves, soit du prurit, soit des manifestations cutanées plus profondes telles que l'apparition de phlyctènes et peuvent déterminer des lésions analogues des différentes muqueuses et notamment de celles des voies respiratoires;

5° les *sternutatoires*, qui, par réaction sur la muqueuse nasale, provoquent des éternuements s'accompagnant de manifestations secondaires : irritation de la gorge et larmoiement des yeux, douleurs dans le nez et les maxillaires.

Il faut insister sur ce point que ces catégories sont des divisions *fondamentales*, car en fait bien des corps se classent dans plusieurs d'entre elles ; ainsi le sulfure d'éthyle dichloré est suffocant, lacrymogène et vésicant. C'est dans un but de simplification, plus exactement dans le but de rendre possible une classification, qu'un gaz de combat déterminé est rangé dans une certaine catégorie qui représente sa propriété physiologique la plus importante. De même, pendant la guerre, dans un but de simplification, on a étendu le sens vrai du mot toxique et l'on a appelé produit toxique tout corps susceptible de tuer, même si sa propriété physiologique prépondérante consistait par exemple en un pouvoir vésicant ou sternutatoire.

Si l'on veut aller au fond des choses, il n'existe que quatre catégories de gaz de combat, car les suffocants peuvent être considérés comme des vésicants particuliers, des caustiques qui n'attaquent que la muqueuse pulmonaire et pas l'épiderme. Néanmoins, il est commode de conserver la classification initiale, de façon à distinguer précisément les vésicants généraux, comme l'ypérite, qui attaquent aussi bien le tissu pulmonaire que l'épiderme, et les vésicants agissant sélectivement sur le tissu pulmonaire : les suffocants.

L'un des grands problèmes de la guerre consiste à chercher à tuer avec le maximum de succès. Cette idée en appelle immédiatement une autre. Les gaz de combat seraient-ils un moyen de destruction des vies humaines plus efficace que ceux jusqu'alors employés? Leur emploi présente-t-il des avantages? La guerre des gaz apporte-t-elle l'assurance absolue de la destruction de l'adversaire?

Il est aisé de démontrer que les modes d'action des gaz de combat et des explosifs sont les mêmes. Nous reprendrons un raisonnement établi par le Professeur Terroine.

De quelle façon pouvait-on atteindre l'organisme avant le 22 avril 1915, c'est-à-dire quels étaient les modes d'action des explosifs. Suivant l'importance des perturbations amenées dans le corps humain par un éclat de projectile (ou une balle de fusil ou de mitrailleuse), les explosifs pouvaient :

1° provoquer la mort immédiate, soit par lésion du système nerveux central, soit par lésion du cœur, soit par asphyxie consécutive à une hémorragie ;

2° occasionner la mort à échéance par infection d'une lésion étendue ;

3° mettre simplement hors de combat.

Quels sont les modes d'action des gaz de combat? Ils peuvent eux aussi :

1° provoquer la mort immédiate, soit par suppression de la fonction du système nerveux central (acide cyanhydrique), soit par suppression du transport d'oxygène par le sang (par transformation de l'hémoglobine: oxyde de carbone, par lésion grave du tissu pulmonaire : chlore, phosgène);

2° occasionner la mort à échéance par infection des lésions pulmonaires ;

3° mettre hors de combat. Ce dernier résultat peut être obtenu par des effets moins accentués des causes de mort indiquées précédemment : lésion peu grave du système nerveux central ne provoquant que des troubles passagers, entraînant cependant l'évacuation de l'homme atteint; lésion du poumon permettant encore l'afflux d'oxygène dans le sang, mais nécessitant néanmoins l'évacuation du gazé.

Toutefois les gaz permettent de mettre un homme hors de combat d'une tout autre manière. En effet, lorsqu'un homme se trouve dans des vapeurs lacrymogènes, ses yeux vont se mettre à pleurer; par suite, cet homme perd toute possibilité de déplacement, car, si l'action du lacrymogène est forte, il sera amené à fermer les yeux. La vision lui est supprimée sans lésions sérieuses, sans danger de mort ; avec les corps qui ne sont que lacrymogènes, qui évidemment provoquent une douleur parfois très vive mais qui n'attaquent pas les tissus de l'œil, l'homme

atteint se retrouve très rapidement absolument sain et sauf. A l'opposé des suffocants, par exemple, qui altèrent le tissu pulmonaire et qui peuvent provoquer la perte d'un poumon, les lacrymogènes purs ne connaissent aucune séquelle.

Il n'y a donc aucune différence entre les explosifs et les gaz au point de vue du résultat final, le seul intéressant dans une guerre; dans les deux cas, nous retrouvons les mêmes fins : mort immédiate, mort tardive, mise hors de combat.

Pourquoi alors le 22 avril 1915 l'ennemi a-t-il fait usage de corps interdits par les conventions internationales ? La réponse est fort simple: l'emploi des gaz est la conséquence de la guerre de tranchées. Comment en effet, avec des projectiles explosifs, atteindre des hommes terrés dans des abris ayant un plafond de terre d'une épaisseur suffisante. Sauf dans le cas d'un projectile heureux, ce qui en moyenne est rare, projectile qui viendra éclater à l'entrée même de l'abri, les occupants de ce dernier se moqueront des tirs qu'ils pourront subir, exception faite cependant des tirs de gros projectiles, ce qui n'est pas non plus le cas le plus fréquent. Il fallait rendre ces abris vulnérables ; il fallait donc employer des corps apportant des modes nouveaux de destruction, permettant d'atteindre sûrement des points de l'organisme jusqu'alors touchés par le seul hasard des éclatements. Or quel corps, si ce n'est un gaz plus dense que l'air agissant sur le poumon, pouvait à coup sûr atteindre les Alliés dans leurs abris, quel corps pouvait se répandre partout et atteindre un nombre considérable d'hommes au même instant aussi sûrement que les obus explosifs auraient pu le faire en terrain découvert. Si nous n'avions pas connu la guerre de tranchées, nous n'aurions pas connu les gaz. Une preuve de cette assertion réside dans ce fait qu'avec la reprise de la guerre de mouvement, à partir de l'offensive victorieuse des Alliés du 18 juillet 1918, la guerre des gaz a diminué considérablement d'importance.

Ainsi, le mode d'action des gaz de combat est identique à celui des explosifs, la guerre des gaz est la conséquence de la guerre de tranchées. Mais n'oublions pas que l'Allemagne, en instaurant ce nouveau mode de combat, a fait appel à une substance, le chlore, interdite par la Convention internationale de la Haye, un gaz qui se classe parmi les suffocants dans la nomenclature physiologique, parmi les asphyxiants dans la nomenclature diplomatique.

Nous avons dit que les lacrymogènes purs ne laissaient aucune trace de leur action au bout d'un temps très court.

Existe-t-il des lacrymogènes purs ? Il faut s'entendre avant de répondre à cette question. Il faut introduire une précision dans la réponse qui doit être la suivante : oui, *aux concentrations du champ de bataille*, il existe des lacrymogènes purs, par exemple le bromure de benzyle. Cette précision est nécessaire parce que, à partir d'une certaine concentration, plus ou moins élevée suivant les corps de cette nature, les poumons sont plus ou moins atteints à leur tour, mais cette concentration limite de la seule action lacrymogène, ce seuil de l'action suffocante, peut être inconnu sur le champ de bataille. C'est d'ailleurs le cas pour la plupart des lacrymogènes.

Il ne faut pas oublier, en effet, qu'il faut toujours se placer au point de vue du champ de bataille, c'est-à-dire dans les conditions qui sont celles de la réalité. Ce sont évidemment aussi celles visées par la Convention de la Haye dont nous avons fait mention au début. Il en résulte, comme conséquence directe, que les lacrymogènes purs, c'est-à-dire des corps qui ne sont que lacrymogènes aux concentrations normales du champ de bataille, ne sont pas compris dans la Convention de la Haye. Ce ne sont en effet ni des gaz asphyxiants: ils ne « suspendent pas la respiration et ne provoquent pas un état de mort apparente ou imminente », ni des gaz délétères : « ils n'attaquent pas la santé ni les sources de la vie, ils ne sont pas susceptibles de nuire à la santé ou de déterminer la mort ».

En ce qui concerne les sternutatoires, il faut ajouter que les corps qui jouissent uniquement de propriétés sternutatoires ne sont pas plus visés par la Convention de la Haye que les lacrymogènes. Ils ne rentrent en effet ni dans l'une ni dans l'autre des catégories prévues dans ces Actes.

Au point de vue physiologique, la guerre des gaz peut être divisée en deux grandes périodes, la première s'étendant du 22 avril 1915 au mois de juillet 1917, la seconde de juillet 1917 au 11 novembre 1918.

Elles se distinguent l'une de l'autre par un caractère assez curieux.

Dans la première, il est fait appel à trois propriétés physiologiques pour elles-mêmes, pour l'action même qu'elles exercent : propriétés suffocantes, lacrymogènes, toxiques.

Dans la deuxième, nous voyons l'ennemi utiliser certains composés chimiques doués de propriétés nouvelles : vésicantes ou sternutatoires, mais ces dernières interviennent soit comme action secondaire, plus importante d'ailleurs que

l'action recherchée dans le cas de la vésicance, soit comme action intermédiaire en vue d'une action suffocante.

Pourquoi l'ennemi a-t-il fait usage de corps jouissant de ces propriétés ? Il nous en fournit lui-même la raison dans un article non signé dans lequel on peut lire[1] : « La protection contre les gaz étant partout suffisante, il n'était possible d'atteindre un développement heureux (de la guerre) et un résultat qu'en éliminant cette protection. Ceci ne pouvait se produire que par la surprise, c'est-à-dire au moyen d'un gaz qui ne pouvait être reconnu qu'après commencement de son action. »

Pour arriver à ce résultat, l'Allemagne fit appel en juillet 1917 au sulfure d'éthyle dichloré et en septembre 1917 aux arsines.

Pourquoi avoir employé le premier corps? L'article allemand sus-mentionné le dit d'une façon si claire que le mieux est d'en reprendre le texte : « Comme conséquence de ses propriétés, le sulfure d'éthyle dichloré arrivait sur le terrain sans être remarqué par l'ennemi, de telle sorte que celui-ci subissait son action sans mettre d'appareils protecteurs. Ce corps est incolore, presque inodore et ne provoque pas de phénomènes immédiats d'irritation. Très visqueux, il a la propriété de conserver son efficacité pendant plus d'une semaine et même pendant un temps plus long. Cette propriété fut utilisée pratiquement en ne faisant agir à l'état de gaz que 50 % du contenu des obus au moment de l'éclatement, le reste étant répandu sous la forme d'une fine pluie engendrant une intoxication constante par évaporation lente. Le gaz provoque des intoxications extrêmement graves des organes respiratoires, souvent décelables seulement au bout de quelques heures après son introduction dans les poumons. »

Mais, si le sulfure d'éthyle dichloré a attiré l'attention de l'ennemi par suite de ses effets trompeurs sur le système respiratoire, l'auteur, toujours dans le même article, ajoute que son action la plus grave n'est pas celle-là. « L'action la plus dangereuse et l'atteinte la plus profonde provoquées par le liquide se produisent lorsqu'il vient en contact avec la peau humaine ou la peau d'un animal, ou bien lorsque ce corps est pulvérisé sur la peau; il engendre alors des phlyctènes et provoque toujours des blessures ayant le caractère d'une brûlure, agissant d'une façon extrêmement pénible. »

Ainsi, à l'opposé des actions physiologiques de la première période : suffocant, toxique et lacrymogène, l'action vésicante ne fut pas introduite pour elle-même ; son apparition fut la conséquence extrêmement grave de la recherche d'une action suffocante traîtresse.

L'effet de surprise fut atteint également d'une tout autre façon. Adressons-nous encore à l'article allemand : « Tandis que tous les obus à gaz étaient facilement reconnus par tous les soldats à leur éclatement à peine sonore dû, à l'opposé des obus explosifs, à ce qu'ils ne contenaient qu'une faible quantité de charge détonante, exactement celle nécessaire pour les faire éclater, ce que tout connaisseur utilisait immédiatement comme signal d'alerte pour mettre son appareil de protection, les obus dits à « croix bleue » ne comportaient plus ce caractère distinctif (obus chargés avec des arsines). Mélangées à des explosifs, les arsines se divisaient en une poussière d'une finesse telle qu'elle pénétrait tous les appareils de protection et provoquait une très forte irritation des muqueuses nasales ». Ainsi l'effet sternutatoire a été utilisé dans le but de provoquer la surprise et de mettre momentanément hors de combat et non pas parce qu'il engendrait une action physiologique entraînant la mort. Au contraire, avec les corps qui ne sont que sternutatoires, l'effet disparaît tout comme l'effet lacrymogène, sans laisser de traces.

Cependant l'ennemi a utilisé le pouvoir sternutatoire d'une autre manière. Il pensa qu'en mélangeant dans des obus des suffocants et des sternutatoires, l'action sternutatoire des particules d'arsines, passant à travers le masque, obligerait le combattant à retirer son appareil de protection et qu'il se trouverait ainsi placé dans une atmosphère suffocante qui l'anéantirait. Il n'en fut fort heureusement pas ainsi.

Telle est, rapidement esquissée, l'histoire physiologique de la guerre des gaz.

§ 3. — Point de vue tactique

Ici il ne s'agit plus seulement de connaître l'effet qu'on est susceptible d'obtenir, mais de déterminer le meilleur mode d'emploi de projectiles chargés avec des corps jouissant de certaines propriétés physiologiques et physiques pour atteindre le plus sûrement le résultat désiré.

Etant entendu qu'un gaz de combat doit avoir une densité de vapeur aussi forte que possible, la tactique des gaz est dominée par une propriété physique : la tension de vapeur. Considérés sous cet angle, les gaz de combat se divisent en deux catégories : les corps fugaces, c'est-à-dire

1. Gas als Kampfmittel (Le gaz comme moyen de combat). *Chemiker Zeitung*, n° 74, page 365 ; 19 juin 1919.

à forte tension de vapeur, et les corps permanents, c'est-à-dire à faible tension de vapeur. En quoi la question de la tension de vapeur intervient-elle en tactique? Des exemples vont le montrer.

Supposons par exemple que l'artillerie bombarde avec des obus à chargement permanent une position que l'infanterie devra ensuite prendre d'assaut. Lorsque les fantassins arriveront à la position ennemie, ils seront aussi gênés que les occupants par les gaz de leur propre artillerie. Au contraire, si l'artillerie s'est servie d'obus à chargements fugaces, l'ennemi en aura connu les effets au moment du tir, et l'assaillant ne sera plus incommodé. Donc, suivant la tension de vapeur du corps employé, c'est-à-dire, en style militaire, d'après sa permanence, les projectiles chargés avec un certain corps conviendront à tel ou tel usage.

Par exemple, l'interdiction d'une route, d'un vallon, par les gaz ne pourra être obtenue qu'en employant des obus à chargement permanent; le bombardement par obus à gaz d'une position à prendre ensuite d'assaut devra être exécuté avec des obus à chargement fugace. N'ayant pas l'intention de développer davantage la tactique de la guerre des gaz, je me contenterai de cette ébauche.

Néanmoins j'ajouterai encore un mot. Il est assez curieux de rapprocher la classification militaire et la classification physiologique. Les faits montrent, en effet, dans la mesure de nos connaissances, que certaines catégories physiologiques correspondent à certaine catégorie militaire; les faits montrent que les suffocants, les toxiques et les sternutatoires utilisés sont des corps fugaces, tandis que les lacrymogènes et les vésicants employés sont des corps permanents.

Telles sont les généralités sur lesquelles je désirais attirer votre attention.

II. — L'œuvre française

La vague allemande du 22 avril 1915 trouva la France complètement dépourvue; il fallut tout organiser[1].

Deux problèmes se posèrent immédiatement : celui de protéger les troupes et celui de riposter; nous allons les examiner successivement.

§ 1. — Le problème de la protection

Le problème de la protection s'est compliqué de plus en plus au cours de la guerre, par suite de la multiplicité des gaz employés. Réduit tout d'abord à la protection de l'homme, il s'étendit ensuite à la protection du cheval, du chien de guerre et des pigeons voyageurs.

Vous me permettrez de ne m'occuper que de la protection de l'homme, la plus importante de toutes, et de plus de m'y limiter à l'étude chimique de la protection individuelle, car l'étude du problème mécanique, c'est-à-dire de la coupe, sort du cadre de cette conférence.

Dès le 23 avril 1915, au lendemain même de l'attaque allemande, l'autorité supérieure sut par M. Kling, qui avait été envoyé en mission en Belgique, que le gaz employé par l'ennemi était le chlore. La capture sur des prisonniers ou des déserteurs allemands de sachets protecteurs permit de savoir tout de suite que les Allemands avaient recours à l'hyposulfite de soude pour protéger leurs troupes. Immédiatement M. Kling donnait la première formule d'imprégnation : solution aqueuse glycérinée d'hyposulfite de soude et de carbonate de soude dans laquelle on plongeait un tampon de coton au moment de l'emploi.

Les yeux furent protégés au moyen de lunettes séparées.

Rapidement, dès juin 1915, l'ennemi fit usage d'un autre corps, le bromure de benzyle. Le tampon à hyposulfite ne suffisait plus, car il ne conférait aucune protection contre ce nouveau produit. Les chimistes cherchèrent à transformer le tampon monovalent en un tampon divalent. M. Lebeau trouva la solution du problème et fit adopter le 29 juillet 1915 l'emploi d'un tampon de gaze imprégné d'huile de ricin et de ricinate de soude. Ce fut le tampon P. A partir de ce moment, l'imprégnation était faite d'avance, ce qui était un avantage pour le combattant.

Mais il convenait de prévoir une aggravation des moyens d'attaque de l'ennemi et en particulier l'emploi du phosgène. Une première solution à cette dernière question intervint le 16 août 1915, date à laquelle fut adopté l'emploi du sulfanilate de soude comme élément épurateur; ce corps, préconisé par M. Kling, fut étudié par M. Henri.

A cette époque on craignait également l'emploi de l'acide cyanhydrique; aussi mit-on à l'étude la protection contre ce corps. M. Plantefol trouva que l'acétate basique de nickel en était un bon mode de fixation. Sa proposition fut adoptée le 31 août 1915.

1. En ce qui concerne l'organisation qui fut établie, ainsi que des détails sur maints sujets techniques, le lecteur est prié de se reporter à l'article suivant : La guerre des gaz et les travaux des Services chimiques français, par le Bureau des Services chimiques de la Direction de l'Artillerie au Ministère de la Guerre (*Chimie et Industrie*, t. II, page 17 E; décembre 1919).

Une deuxième compresse au sulfanilate de soude et une troisième compresse à l'acétate basique de nickel furent par suite ajoutées à la compresse à l'huile de ricin du tampon P qui, ainsi complété, fut dénommé tampon P^2. Cette imprégnation fut ensuite utilisée dans le masque Tambuté, dit masque T.

A cause de difficultés d'imprégnation, M. Lebeau étudia une modification des éléments de protection contre l'acide cyanhydrique; estimant, d'autre part, que la protection contre le phosgène pourrait devenir insuffisante, il rechercha un neutralisant plus efficace. Il résolut le premier problème par la substitution du carbonate basique de nickel à l'acétate basique de ce métal, et le second par l'emploi d'un mélange d'urotropine et de sulfanilate de soude. Ces trois produits étaient d'ailleurs réunis dans le même bain et le masque T, en changeant d'imprégnation, se transforma en un masque à 2 compresses, le masque TN. Ce nouveau mode d'épuration eut en outre l'avantage de protéger contre beaucoup d'autres produits, en particulier contre le chloroformiate de chlorométhyle et le chloroformiate de trichlorométhyle. Quoi qu'en disent nos Alliés américains, qui ont déclaré que la « chloropicrin went through this like a shot », que la chloropicrine passait à travers comme une balle de fusil[1], cette imprégnation a protégé suffisamment contre ce corps. S'il en avait été autrement, l'Armée française aurait été sérieusement atteinte par ce gaz, étant donné l'usage que l'ennemi en a fait à partir de 1917.

Cette imprégnation du masque TN survécut à ce dernier lorsque fut adopté le masque Gravereaux ou masque M_2, qui fut mis en service au commencement de 1916.

Le système chimique filtrant ainsi mis au point s'est montré suffisant et l'appareil M_2 fut utilisé jusqu'en février 1918 par les troupes combattantes, jusqu'à l'armistice par les troupes de l'arrière et la population civile des zones d'alerte.

Mais la possibilité de l'emploi par l'ennemi de composés chimiques agressifs imprévus, contre lesquels ce système chimique aurait pu être inefficace, conduisit M. Lebeau, dès la fin de l'année 1915, à étudier un appareil de protection dont la polyvalence fût aussi considérable que possible. Convaincu qu'il serait pratiquement impossible d'augmenter à ce point de vue spécial l'efficacité du masque M_2, il envisagea dès cette époque l'emploi d'un appareil basé à la fois sur les phénomènes d'absorption chimique et les phénomènes d'adsorption. Ce fut l'appareil A. R. S. Le système chimique était constitué par 3 couches : la première composée d'oxyde de zinc, de carbonate de soude sec et de charbon de bois pulvérisé, le tout aggloméré par de l'eau glycérinée, une deuxième constituée par un charbon absorbant spécialement préparé, une troisième faite de plusieurs couches de gaze imprégnées d'urotropine. Dans le courant de l'année 1918, le contenu de la cartouche fut modifié pour assurer la protection contre de plus fortes quantités de phosgène. M. Lebeau obtint ce résultat en ajoutant aux granulés un peu de permanganate de potassium. L'appareil ainsi réalisé protégeait contre tous les corps employés par l'ennemi jusqu'au moment où les arsines solides firent leur apparition. Ces corps, pulvérisés sous forme de poussières, ne pouvaient être retenus par les granulés. M. Lebeau parvint à les arrêter en introduisant une couche de coton dans la cartouche. Cet appareil constitue sans conteste le meilleur appareil employé par l'une quelconque des armées belligérantes. Il fut mis en service à partir de février 1918. Sa valeur ressort d'expériences qui ont montré d'une façon péremptoire que la gêne apportée par le port de cet appareil est presque nulle et que la durée du port de cet engin de protection n'est limitée que par la nécessité de s'alimenter.

Un auteur américain, le Colonel Dewey, parlant d'un masque américain d'un nouveau type dont 350 exemplaires avaient été terminés et étaient prêts à être expédiés au moment de la signature de l'armistice, s'est exprimé ainsi : « Si la guerre avait continué, ces masques auraient mis les soldats américains au premier rang en ce qui concerne la défense contre les gaz. Ils éliminaient une mauvaise vision, la pression désagréable du pince-nez, l'embout buccal inconfortable et la gêne générale due à un long port[1]. » Ce sont là précisément les avantages que l'A. R. S. présentait sur les autres masques en usage en 1918.

Un autre appareil rendit de très grands services : ce fut l'appareil Tissot, qui fut mis en service en 1916 pour le grand modèle et en 1917 pour le petit modèle. Les matières absorbantes étaient du charbon spécial et de la soude sur de la paille de fer, remplacée ultérieurement par de la chaux sodée. L'originalité de cet appareil résida dans un dispositif empêchant les viseurs de s'embuer et consistant dans un balayage des vitres par l'air inspiré. Ce dispositif fut

1. *The Journal of industrial and engineering Chemistry*, 1er février 1919, page 93.

1. *The Journal of industrial and engineering Chemistry*, 1er mars 1919, page 185.

d'ailleurs employé par la suite dans l'appareil A.R.S. et copié par l'Armée américaine[1].

Enfin la protection contre l'oxyde de carbone fut réalisée par un appareil mis au point par MM. Desgrez, Guillemard et Labat, dans lequel ce gaz était oxydé en acide carbonique par de l'anhydride iodique et l'acide carbonique fixé par de l'oxylithe.

§ 2. — Le problème de l'agression

Les gaz de combat peuvent s'employer de deux manières différentes :

a) en projectiles (obus, engins de tranchée et grenades) ;

b) en vagues (cylindres de gaz liquéfié ou comprimé).

Nous examinerons successivement les corps qui furent employés soit en obus, soit en grenades, soit en vagues.

1° *Corps chargés en obus*

Les corps dignes d'attention doivent en particulier satisfaire à certaines conditions :

1° être faciles à préparer et ne nécessiter que des matières premières abondantes et de prix abordable ;

2° être doués de propriétés agressives intéressantes ;

3° autant que possible, ne pas exiger un aménagement spécial de l'obus.

Les premières conditions se comprennent d'elles-mêmes. La troisième nécessite quelques éclaircissements. Dès juin 1915, l'expérience montra aux artilleurs et aux chimistes que l'éclatement d'un projectile chargé de gaz de combat était invisible. Ceci était particulièrement gênant pour le réglage du tir ; aussi les chimistes décidèrent-ils d'introduire un fumigène dans les obus à gaz. MM. Lebeau et Urbain adoptèrent les chlorures stannique, titanique et d'arsenic.

Le gaz introduit se trouvait dès lors en présence de deux corps : *a*) le métal de l'obus, *b*) le fumigène.

La troisième condition signifie simplement que le gaz doit autant que possible être stable en présence du métal de l'obus et du fumigène. Il faut dire d'ailleurs que certains des corps adoptés, comme par exemple la bromacétone, ne satisfirent nullement à cette dernière condition. Pour ces corps sensibles, les Cristalleries de Choisy-le-Roi firent des obus verrés pour éviter le contact du gaz et du métal et isolèrent le fumigène dans une gaine émaillée[1].

Les gaz employés par la France furent les suivants (tableau II) :

Tableau II. — Gaz de combat employés par la France.

Gaz	Date d'apparition sur le champ de bataille	Propriétés physiologiques	Quantité fabriquée en tonnes	Etudié par MM.
tétrachlorosulfure de carbone	septembre 1915	suffocant	»	Urbain
iodacétone	fin 1915	lacrymogène	36	Bertrand, Grignard, Kling et Lebeau
chlorure d'*o*-nitrobenzyle	fin 1915	lacrymogène	8	Moureu
iodure de benzyle	fin 1915	lacrymogène	90	Moureu et Dufraisse
phosgène	février 1916	suffocant	15.800	Lebeau et Urbain
vincennite	juillet 1916	toxique	4.160	Lebeau
chloropicrine	fin 1916	lacrymogène et suffocant	493	Bertrand, Freyss et Nicolardot
acroléine	fin 1916	lacrymogène et suffocant	183	Moureu et Lepape
bromacétone	fin 1916	lacrymogène et suffocant	481	Moureu
chlorosulfate d'éthyle	fin 1916	suffocant	71	Grignard
sulfure d'éthyle dichloré	mai 1918	suffocant, lacrymogène et vésicant	1.968	Job, Goissedet et Guinot, Bertrand
sulfate de méthyle et chlorhydrine sulfurique	septembre 1918	suffocant	40	Simon, Levaillant et Boulin

Nous ne donnerons quelques explications que sur le premier d'entre eux et sur les trois plus importants.

Tétrachlorosulfure de carbone. — Les obus chargés avec ce corps furent tirés pour la première fois à la bataille de Champagne de septembre 1915. *Ce fut le premier emploi d'obus à gaz*

1. *The Journal of industrial and engineering Chemistry*, 1er mars 1919, page 185.

1. Ce dispositif fut copié par l'armée américaine (*The Journal of industrial and engineering Chemistry*, 1er avril 1919, p. 281).

par l'Armée française. Il y a lieu d'insister sur ce point, car un auteur allemand déclare que les premiers obus à gaz français ont été tirés en octobre 1914[1].

Le phosgène. — Lorsqu'en 1915 fut décidé l'emploi de ce corps, la France ne possédait qu'une seule installation pouvant en donner journellement 150 kgr.

C'est au sujet du phosgène que MM. Lebeau et Urbain firent leurs études sur les fumigènes et firent adopter les mélanges :

phosgène — chlorure stannique
phosgène — chlorure titanique
phosgène — chlorure d'arsenic

Le phosgène fut fabriqué par deux méthodes :

1° par la réaction de l'oléum sur le tétrachlorure de carbone ;

2° par la combinaison directe du chlore et de l'oxyde de carbone en présence d'un catalyseur suivant quatre procédés différents (charbon, procédé Paterno).

La première méthode à l'oléum fut étudiée par MM. Grignard et Urbain[2] d'une part, Mauguin et Simon[3] d'autre part. Elle produisit 430 tonnes de phosgène et fut abandonnée au début de 1917.

La deuxième permit d'en obtenir 15.370 tonnes. La production totale jusqu'à l'armistice fut donc de 15.800 tonnes. Le développement de cette fabrication fut un grand succès pour l'industrie chimique française, puisque nous pûmes céder 6.200 tonnes de ce produit à l'Angleterre.

Le phosgène, corps suffocant, fit son apparition dans les munitions françaises à la bataille de Verdun en février 1916. Il y a lieu de remarquer que l'Allemagne adopta ultérieurement son emploi et qu'elle le lança sur nos troupes à partir de décembre 1916.

Acide cyanhydrique. — L'acide cyanhydrique, corps dont la toxicité est universellement connue, devait réserver une surprise. Lorsqu'on chargeait des obus avec de l'acide cyanhydrique liquide et qu'on les faisait éclater sur un terrain d'expériences, ils étaient sans effet sur les animaux témoins placés aux endroits voulus. La trop faible densité de la vapeur de l'acide en était la cause.

M. Lebeau décida d'alourdir ses vapeurs par l'adjonction des chlorures fumigènes dont il a été parlé précédemment, mais le mélange acide cyanhydrique, chlorure d'étain et chlorure d'arsenic, préconisé par lui tout d'abord, présentait encore un inconvénient : celui de ne pas être parfaitement stable. Ce dernier inconvénient fut rapidement éliminé par M. Lebeau en ajoutant un peu de chloroforme. La vincennite prit alors la formule :

Acide cyanhydrique
Chlorure stannique
Chlorure d'arsenic
Chloroforme

Ce mélange, au point de vue physiologique, jouissait naturellement des propriétés de l'acide cyanhydrique, c'est-à-dire qu'il était un toxique vrai ; au point de vue militaire, il présentait un avantage et un inconvénient : un avantage, celui de tuer immédiatement lorsqu'un adversaire se trouvait dans une atmosphère suffisamment concentrée (supérieure à 0,55 gr. par m^3), ce qui provoquait un grand effet moral ; un inconvénient, celui d'être sensiblement sans effet au-dessous de cette dose. Cet inconvénient fit que l'emploi de la vincennite fut vivement critiqué par nos alliés Anglais tout d'abord, par nos alliés Américains ensuite[1].

L'opportunité de l'emploi de l'acide cyanhydrique peut être discutée ; on peut en effet être en désaccord sur le point de savoir s'il est préférable d'avoir dans l'arsenal chimique des obus à effets immédiats et par suite à effet moral évident, ou bien s'il est préférable de ne pas avoir d'obus ne provoquant plus d'effet sérieux au-dessous d'une certaine concentration ; mais dire que la « vincennite est un exemple d'un travail de laboratoire effectué sans coopération ni contrôle militaire » et que son cas vient à l'appui de cette idée que les seules méthodes de laboratoire donnent des résultats erronés et mauvais[2], c'est commettre une erreur. De même, dire que[2] « la vincennite, remarquablement toxique sur des chiens, fut simplement d'une efficacité un peu moins que nulle sur le champ de bataille » (was little more than useless in the field) est encore une chose à démontrer.

Ce mélange, dénommé vincennite parce que les premiers essais furent faits à Vincennes, s'opposait ainsi au phosgène qui, s'il pouvait aussi tuer très rapidement, avait plutôt un effet retardé. De plus, à des doses non mortelles, le phosgène avait encore une action très énergique et mettait très rapidement hors de combat.

1. *Chemiker Zeitung*, n° 74, 19 juin 1919, p. 365.
2. *C. r. Ac. Sc.*, t. CLXIX, p. 17 ; 7 juillet 1919.
3. *C. r. Ac. Sc.*, t. CLXIX, p. 34 ; 7 juillet 1919.

1. Document public, voir : *The Journal of industrial and engineering Chemistry*, 1er février 1919, p. 93.
2. *Chemical and metallurgical Engineering*, 15 février 1919, p. 152.

D'ailleurs le phosgène, pendant toute la durée de la guerre, resta le gaz fugace de choix et fut employé par tous les belligérants. La vincennite fut employée pour la première fois le 1er juillet 1916 à la bataille de la Somme.

Sulfure d'éthyle dichloré. — De même que le phosgène a retenu notre attention d'une façon toute particulière, et que nous avons été amené à dire qu'il a constitué le corps de choix dans la catégorie des corps fugaces, le sulfure d'éthyle dichloré s'est inscrit parmi les permanents comme le corps le plus important.

Les propriétés agressives du phosgène étaient connues bien avant la guerre; celles du sulfure d'éthyle dichloré passaient inaperçues, et cependant ce corps s'est révélé comme une arme redoutable [1].

Ainsi que nous avons déjà eu l'occasion de le dire, les Allemands l'employèrent les premiers dans le courant de juillet 1917 dans le secteur d'Ypres, ce qui lui valut en France le nom d'ypérite.

La bibliographie de ce corps, qui a tant fait dire de choses plus ou moins exactes, est fort simple. Elle se réduit en réalité à deux mémoires : un mémoire de Guthrie [2], paru en 1860, dans lequel cet auteur anglais montrait que l'éthylène agissant sur les chlorures de soufre engendrait un corps doué de propriétés vésicantes, mais ne le définissait pas exactement; un mémoire de Victor Meyer [3], dans lequel cet auteur montrait la possibilité de préparer le sulfure d'éthyle dichloré par les réactions suivantes :

$$3S\begin{cases}Na\\Na\end{cases} + 3\begin{matrix}Cl-CH^2-CH^2OH\\Cl-CH^2-CH^2OH\end{matrix} = 3S\begin{cases}CH^2-CH^2OH\\CH^2-CH^2OH\end{cases} + 6NaCl$$

$$3S\begin{cases}CH^2-CH^2OH\\CH^2-CH^2OH\end{cases} + 2PCl^3 = 3S\begin{cases}CH^2-CH^2Cl\\CH^2-CH^2Cl\end{cases} + 2PO^3H^3$$

Victor Meyer mentionnait également l'existence de ses propriétés vésicantes et disait que cette action physiologique était sélective, qu'il agissait sur la peau de certains chercheurs et était sans action sur celle d'autres chimistes.

Une étude chimique entreprise en France par M. Moureu dès 1916 d'après la méthode de Meyer avait conduit à une étude physiologique réalisée par M. Mayer. Cette dernière montra que ce corps, tout en étant très toxique, l'était moins que le phosgène ou l'acide cyanhydrique alors en usage; elle mit certes son action vésicante en évidence, mais son pouvoir suffocant, plus faible que celui de corps déjà fabriqués en abondance, ne fit pas considérer sa mise en fabrication comme immédiatement nécessaire.

L'étude fut reprise dès son apparition sur le champ de bataille. MM. Moureu et Lazennec reprirent l'étude de la réaction de Meyer, MM. Job et Bertrand commencèrent séparément l'étude de la réaction de Guthrie et purent montrer en novembre 1917 qu'il était possible d'obtenir le sulfure d'éthyle dichloré par barbottage de l'éthylène dans les chlorures de soufre :

$$S^2Cl^2 + 2CH^2 : CH^2 = S\begin{cases}CH^2-CH^2Cl\\CH^2-CH^2Cl\end{cases} + S$$

$$SCl^2 + 2CH^2 : CH^2 = S\begin{cases}CH^2-CH^2Cl\\CH^2-CH^2Cl.\end{cases}$$

Les difficultés rencontrées dans la préparation de la monochlorhydrine du glycol, l'ennui d'être obligé de traiter 25 tonnes de matières diverses pour obtenir 1 tonne d'ypérite, incitèrent les chimistes à se tourner plutôt vers le procédé de Guthrie. L'expérience montra la justesse de leur conception.

M. Job et ses collaborateurs, MM. Goissedet et Guinot, poursuivirent alors l'étude de la réaction au protochlorure de soufre et la rendaient industrielle en décembre 1917.

Pendant ce temps, le laboratoire de recherches de la Société chimique des Usines du Rhône mettait au point la fabrication par la méthode au bichlorure, par un procédé permettant la fixation continue de l'éthylène sur le bichlorure de soufre au sein du tétrachlorure de carbone.

La fabrication par la méthode au bichlorure commença en mars 1918 et s'accrut très rapidement.

La préparation au protochlorure de soufre commença également en mars 1918, mais son développement fut plus lent. Dans l'ensemble, de mars 1918 au jour de l'Armistice, il fut produit :

Par le procédé au bichlorure de soufre.....	1.587.323 kgs.
— protochlorure de soufre..	380.051 —
	1.968.474 kgs.

La progression mensuelle fut la suivante :

Mars 1918	241 kgs.
Avril	6.980 —
Mai	152.269 —
Juin.	205.809 —
Juillet.	266.336 —
Août	283.245 —
Septembre.	342.082 —
Octobre	507.021 —
Novembre (11 jours). . .	204.091 —

1. L'idée de préparer ce corps semble émaner de la Société Badoise de Ludwigshafen par suite de la fabrication sur une grande échelle, dans ses usines, de la *monochlorhydrine* CH^2ClCH^2OH par barbottage de l'éthylène et de gaz carbonique dans de l'hypochlorite de calcium, monochlorhydrine qui lui servait comme matière première pour la synthèse de l'Indigo. A. Haller.

2. *Quart. Journ. Chem. Soc.* (1860), t. XII, p. 116.

3. *Ber. d. deutschen chem. Ges.* (1886), t. XIX, p. 3260.

La production était devenue supérieure à la consommation de l'artillerie française.

L'ypérite allemande, au contraire, fut fabriquée par la méthode de Meyer à la chlorhydrine du glycol, ainsi que l'ont montré pendant la guerre M. Grignard par l'étude des impuretés des ypérites allemandes et M. Delépine par la détermination du soufre oxydable en acide sulfurique de ces mêmes ypérites.

De ces nombres et de ces dates il résulte que la France fut la première à fabriquer l'ypérite parmi les Alliés. En Amérique, la fabrication ne commença en effet qu'en juillet 1918[1]; en Angleterre, elle n'était pas commencée à la date du 11 mai 1918[2]. Dans les deux pays d'ailleurs, la question fut résolue au laboratoire presque en même temps qu'en France, mais un peu après[3].

2° *Produits chargés en grenades*

Trois produits furent chargés en grenades :

1° le *bromacétate d'éthyle,* lacrymogène, en 1915;

2° la *chloracétone*, lacrymogène, en 1915 ;

3° l'*acroléine*, suffocant et lacrymogène, en 1916. A partir de cette époque et jusqu'à l'armistice, ce corps, stabilisé par MM. Moureu et Lepape[4], fut le seul employé pour des chargements de grenades.

3° *Corps à employer en vagues*

Ici les conditions à remplir sont tout à fait différentes. Un corps n'est susceptible d'être employé en vague que s'il est gazeux à la température ordinaire et que s'il a une forte densité gazeuse.

L'ennemi le premier fit usage du chlore, le 22 avril 1915. C'est ainsi qu'il viola les actes de la Haye. Des recherches furent faites en France de mai à août 1915 dans le but de déterminer le meilleur corps à employer en vague. Elles aboutirent à ce résultat que le corps employé par l'ennemi représentait un choix judicieux, c'est-à-dire que le chlore était la meilleure substance susceptible d'un tel usage.

Par la suite, au commencement de 1917, le phosgène fut introduit dans les vagues.

4° *Le chlore et le brome*

Nous négligerions un effort considérable et qui fut un très grand succès pour notre industrie chimique si nous ne parlions de la manière dont ont été couverts nos besoins en chlore et en brome.

La simple énumération des produits employés en France fait immédiatement ressortir qu'à l'exception de l'acroléine et de l'acide cyanhydrique, tous les gaz de combat sont soit chlorés, soit bromés[1], soit iodés. La fabrication de dérivés iodés n'ayant pas pris d'importance, nous pouvons dire que les gaz de combat sont presque uniquement des produits chlorés ou bromés. Les besoins de chlore et de brome ont par suite été considérables.

Or la France ne produisait avant la guerre ni le chlore liquide, ni le brome; ces deux produits venaient d'Allemagne. Il fallut tout improviser.

Pour le chlore, sept usines électrochimiques, presque toutes hydroélectriques, six dans les Alpes et une dans les Pyrénées, furent montées en 1915 et 1916. La première commença à produire en mars 1916, la dernière en mars 1917.

A partir d'avril 1918, quatre autres usines, qui jusqu'alors travaillaient pour le Service des Poudres, se joignirent aux précédentes pour alimenter en chlore le Service des gaz. Toutes ces usines fournirent ainsi à ce Service 23.900 tonnes de chlore, dont environ 12.500 en chlore liquide et 11.400 à l'état de chlorure de chaux.

La manière dont fut résolu le problème du brome n'a pas été moins hardie. On chercha tout d'abord à extraire le brome soit des eaux mères des salines terrestres, soit des cendres de varech, soit des marais salants. Après des essais on reconnut que seules les eaux-mères des marais salants étaient susceptibles d'une exploitation industrielle (Salins de Giraud et de Berre).

Mais, à la fin de l'année 1915, en septembre d'abord, en novembre ensuite, une Mission fut envoyée en Tunisie pour étudier les principales salines de la Régence. Trois d'entre elles furent retenues tout d'abord, mais la préférence alla définitivement à la Sebka-el-Melah, près de Zarzis, à 600 kilomètres au sud de Tunis.

L'usine de Zarzis, établie et exploitée avec le

1. Document public : *The Journal of industrial and engineering Chemistry*, 1er janv. 1919, p. 5.

2. Document public : *Journal of the Society of Chemical Industry*, t. XXXVIII, n° 19, p. 363 R; 15 oct. 1919 (A. Green : The history of mustard gas).

3. *En Angleterre*, voir : *Journal of the Chemical Society*, t. CXV-CXVI, p. 401 (avril 1919) (W. Pope : Chemistry in the national Service); *Journal of the Society of Chemical Industry*, t. XXXVIII, 30 sept. 1919, p. 344 R (W. Pope : Mustard gas).

En Amérique : *The Journal of industrial and engineering Chemistry*, 1er févr. 1919, p. 93; *idem.*, 15 avril 1919, p. 281.

4. Proposé pour la première fois par Sir William Ramsay dans une lettre à M. A. Haller, qui transmit cette proposition a la Commission des Inventions. (A. H.)

1. Le corps bromé fabriqué est le *bromure de benzyle*, utilisé pour les cartouches d'entraînement des troupes au port du masque.

concours du Service des Travaux publics de la Régence, fut mise en route en avril 1916; sa construction dura deux mois. Elle produisit 856 tonnes de brome, avec lesquelles la France put non seulement faire face à ses besoins en gaz de combat, mais ravitailler son industrie. Elle put même en céder à ses Alliés d'Europe.

III. — Conclusions

A quel résultat la France arriva-t-elle ? A celui-ci : la production de notre industrie de guerre soit en appareils de protection, soit en gaz de combat a permis de ne distribuer aux soldats français que des appareils protecteurs manufacturés en France et conçus en France, à l'exception d'un certain nombre de cagoules achetées à l'Angleterre en 1915, et de n'envoyer aux batteries françaises que des projectiles chargés avec des gaz manufacturés en France et mis au point par des chimistes français. 300 tonnes de chloropicrine furent bien commandées en Amérique, mais elles n'arrivèrent dans un port français que dans le courant d'octobre 1918 et ne purent être amenées aux ateliers de chargement avant l'armistice. De grandes quantités de certaines matières premières nous furent cédées par nos Alliés.

Il fut chargé en gaz :

13.193.000 obus de 75;

3.930.000 obus de 105 — 120 — 145 — 155 et bombes de tranchée ;

1.140.000 grenades;

des dizaines de mille de bouteilles pour vagues.

En ce qui concerne les appareils de protection, ils n'eurent ni élastiques trop étroits, ni embouts buccaux en caoutchouc trop longs, comme le prétend un périodique américain[1]. D'ailleurs le seul appareil utilisé en France comportant un embout buccal fut un appareil d'isolement: l'appareil Draeger, employé dans des cas exceptionnels.

Il fut fabriqué :

4.500.000 tampons P et P^2 ;

1.000.000 masques T ;

6.800.000 masques TN ;

29.300.000 masques M^2;

5.300.000 appareils ARS ;

700.000 appareils Tissot.

Ces chiffres montrent l'importance de l'effort français dans ce domaine, où il fallut tout improviser[2].

R. Cornubert,
Préparateur à la Sorbonne,
Ex-sous-lieutenant attaché aux Services chimiques de Guerre.

1. *Chemical and metallurgical Engineering*, 15 février 1919, p. 152.

2. La *Revue* publiera dans une de ses prochaines livraisons une conférence de M. Florentin destinée à compléter celle de M. Cornubert et qui exposera les méthodes de préparation et d'emploi des gaz de combat par les Allemands. (N. de la R.)

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences physiques

Razous (Paul). — **Théorie et pratique du séchage industriel.** *2e édition. — 1 vol. in-8° de 253 pages avec 65 fig. (Prix : 15 fr.). H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, Paris,* 1919.

Du fait qu'il y a peu d'industries qui n'aient à s'occuper de la question du séchage, il y a peu de problèmes qui se présentent sous des aspects aussi différents. Alors que l'opération se ramène simplement à séparer un solide d'un liquide, il faut dans chaque cas particulier envisager, entre autres choses : la nature des produits à sécher, la manipulation de ces produits, la source de chaleur utilisable. Il existe des règles générales pouvant servir de guide pour le choix du système à adopter. Ce sont ces règles générales, ces principes que l'auteur a exposés dans la première partie de son ouvrage, qui traite du séchage à l'air libre, du séchage par renouvellement d'air à la température ambiante, du séchage par chauffage direct et enfin du séchage par courant d'air chaud; c'est ce dernier procédé qui est le plus répandu et qui présente le plus d'intérêt au point de vue de l'étude de cette question. Un très grand nombre d'appareils fonctionnant d'après ce dernier principe sont en service dans l'industrie. L'auteur en donne une description excessivement complète, suivie de l'exposé des calculs relatifs à l'établissement des appareils de ce type. Un chapitre étudie l'utilisation, pour le chauffage, des chaleurs perdues des fours, des vapeurs d'échappement des machines à vapeur.

La deuxième partie de l'ouvrage contient l'application des principes précédents au séchage d'un grand nombre de produits groupés par catégories : minerais, combustibles, industrie céramique, matières textiles, etc.

Etant donnée la nécessité, encore plus grande à l'heure actuelle, d'utiliser au mieux le peu de combustible dont dispose l'industrie, il y a intérêt pour tous ceux, et ils sont nombreux, qui ont à s'occuper de séchage, à étudier l'ouvrage de M. Razous; ils pourront se rendre compte si les dispositifs de séchage qu'ils emploient sont bien adaptés au produit à sécher et si, dans leur établissement, il n'y aurait pas quelque amélioration à apporter.

M. Desmarets.

Colomer (F.), *Ingénieur civil des Mines*, et **Lordier** (Ch.), *Ingénieur civil des Mines*. — **Combustibles industriels.** *3e édition entièrement refondue. 1 vol. in-8° de 676 pages, avec 214 fig. (Prix : 48 fr. 75). Dunod, éditeur, Paris,* 1919.

L'économie du charbon, toujours rare et de plus en plus cher, est le grand souci de l'heure présente : tout le monde s'emploie à la réaliser; MM. Colomer et Lordier se sont aussi appliqués à cette tâche qui est d'un intérêt national, en faisant connaître les qualités des divers combustibles et les meilleurs moyens de les employer. Leur œuvre a été appréciée du public, puisqu'ils en présentent aujourd'hui une troisième édition : rien ne témoigne plus éloquemment en faveur d'un livre.

Celui-ci est un traité complet des Combustibles industriels, Il est divisé en 7 parties, dont voici les titres; 1° Houille; 2° Coke de houille; 3° Lignite, tourbe, charbon de tourbe, bois, charbon de bois; 4° Agglomérés; 5° Appareils de combustion; 6° Pétrole; 7° Combustibles divers. Ces sept grandes sections de l'ouvrage sont subdivisées en 33 chapitres d'une ordonnance rationnelle et méthodique, ainsi qu'en témoignent les sous-titres de la première partie, que nous donnons comme exemple : 1° définition et classification de la houille; 2° analyse et essais des combustibles; 3° calibrage des combustibles; 4° lavage des combustibles; 5° définition industrielle et commerciale de la houille; 6° achat, transport, emmagasinage de la houille. Cet extrait de la table des matières permet de se rendre compte de la manière dont les questions sont traitées et du soin qu'on a pris de n'en laisser aucune de côté.

Le livre est peut-être trop complet, attendu qu'il s'adresse à deux catégories de lecteurs, ceux qui préparent les combustibles, les trient, les lavent, les calibrent, les transportent, et ceux qui les achètent et les brûlent, ceux qui agglomèrent des briquettes, les comprimment, et ceux qui les emploient. Mais on n'est jamais trop documenté sur une matière, si l'on veut en faire le meilleur usage.

D'autre part, quelques lecteurs regretteront de ne pas trouver suffisamment de données sur les pouvoirs calorifiques des combustibles gazeux et sur les divers moyens de les déterminer. Nous nous permettrons, du reste, d'exprimer le vœu que les nouvelles éditions à prévoir fassent une distinction entre les pouvoirs *supérieurs* et *inférieurs* (vapeur d'eau condensée ou non condensée), sous volume constant ou sous pression constante : il est nécessaire, en effet, de ne pas les confondre pour établir les rendements des sources de chaleur et des machines thermiques. En se référant uniquement aux pouvoirs inférieurs, les ingénieurs allemands trouvaient moyen d'attribuer à leurs moteurs à gaz des rendements très élevés, qui reposaient sur une subtilité et dont on arguait pour revendiquer une perfection de construction contestable.

Aimé Witz,
Correspondant de l'Institut.

Lyon (Dorsey A.) et **Ralston** (Oliver C.). — **Innovations in the Metallurgy of Lead.** *(Bulletin 157 du Bureau des Mines des Etats-Unis.) — 1 vol. in-8° de 172 pages avec 13 fig. (Prix : 20 cents.) Government Printing Office, Washington,* 1918.

Le Bureau des Mines des Etats-Unis a entrepris un certain nombre d'études ayant en vue soit l'amélioration des procédés tant miniers que métallurgiques appliqués aux Etats-Unis, soit la recherche des procédés permettant d'utiliser des sous-produits, des minerais actuellement de faible valeur par suite des difficultés que présente leur traitement. C'est pour résoudre un problème de ce genre qu'a été entrepris le travail de MM. Lyon et Ralston. Il faut noter, dans l'espoir que pareils travaux seront peut-être entrepris et subventionnés un jour par le Service des Mines français, l'importance donnée à ces recherches : personnel compétent et nombreux, moyens matériels abondants, rien n'a été négligé pour arriver à des résultats intéressants. D'ailleurs l'étude en question est absolument remarquable par l'importance des travaux effectués et des renseignements recueillis.

Les problèmes que les auteurs se sont efforcés de résoudre sont les suivants : 1° traitement des minerais de plomb carbonatés contenant ou non de l'or et de l'argent; 2° traitement des sulfures complexes de plomb et de zinc contenant ou non d'autres métaux que le plomb et le zinc.

Les auteurs ont porté leurs efforts du côté des procédés de lixiviation, la précipitation des solutions obtenues s'effectuant de façons très diverses.

Parmi les multiples résultats du grand nombre de recherches entreprises, nous avons noté les suivants qui nous ont paru les plus intéressants :

Une solution saturée de chlorure de sodium constitue un excellent dissolvant du chlorure et du sulfate de plomb. Dans tous les essais, c'est cette solution qui fut utilisée, avec ou sans addition d'acide sulfurique.

Le plomb peut être précipité, par la chaux, des solutions qui ne sont pas souillées par la présence d'autres éléments; dans ce dernier cas, il faut avoir recours à la précipitation par électrolyse.

Le sulfure d'argent n'est que faiblement soluble dans les saumures acides, de telle sorte que la méthode de traitement des minerais de plomb oxydés par les saumures acides ne donne pas de bons résultats pour l'extraction de l'argent; dans ce cas, le grillage chlorurant suivi de lessivage semble être la méthode la plus appropriée.

Le plomb peut être séparé des concentrés de sulfure de zinc plombeux, sans toucher au sulfure de zinc, par chloruration rapide et volatilisation. Les fumées de chlorure de plomb peuvent être récupérées au moyen d'un appareil de précipitation électrique et converties en plomb métallique par fusion avec la chaux et le carbone; comme scorie, l'on obtient du chlorure de calcium qui remplace avantageusement le sel pour la chloruration et la volatilisation.

Le plomb peut être extrait presque complètement des mixtes de sulfure de plomb et de fer par la méthode de volatilisation.

Une abondante bibliographie complète le travail de MM. Lyon et Ralston, en faisant une œuvre absolument indispensable pour ceux qui s'intéressent à la métallurgie du plomb.

M. Desmarets.

2° Sciences naturelles

Blaringhem (L.), *Chargé de cours à la Sorbonne, Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers.* — **Les problèmes de l'Hérédité expérimentale.** — *1 vol. in-18 de 317 p. avec 20 fig. de la* Bibliothèque de Philosophie scientifique (*Prix : 5 fr. 75*). *Ern. Flammarion, Paris*, 1919.

Le nouveau livre de M. Blaringhem est l'exposé critique des données actuelles des problèmes de l'hérédité expérimentale. Il est peu de questions plus à l'ordre du jour et plus passionnantes, à la fois pour le philosophe, pour le biologiste et pour l'agronome. M. Blaringhem l'a traitée en savant aux vues synthétiques doublé d'un expérimentateur averti par plus de quinze ans de pratique.

Le sujet est des plus complexes. L'auteur, emporté par l'étendue de ses connaissances, ne nous fait grâce d'aucune difficulté; c'est à peine si les résumés, forcément abstraits, qui çà et là forment paliers, suffiront au lecteur, non rompu aux questions de l'hérédité, pour reprendre son souffle. Quant aux autres, ils en éprouveront d'autant plus de satisfaction.

L'auteur borne son travail à l'étude de l'*hérédité proprement dite*, c'est-à-dire celle des caractères fixés, laissant de côté tout ce qui touche à l'*évolution*, c'est-à-dire à l'apparition brusque de caractères nouveaux par mutation, et à la fixation lente et progressive des caractères acquis récemment.

Les faits connus dans l'ordre de l'hérédité expérimentale sont classés suivant un ordre logique et répartis dans trois grandes catégories :

1° l'hérédité fluctuante;

2° l'hérédité mixte avec ses formes exceptionnelles : hérédité en mosaïque et hérédité unilatérale;

3° l'hérédité alternante ou mendélienne.

Leur distinction est fondée sur la double notion de continuité et de discontinuité. Les caractères *continus* se présentent à l'observateur sous forme d'étapes successives et graduées; tels sont ceux de la taille, du poids, de la résistance aux maladies et aux intempéries, etc. Les caractères *discontinus* sont, au contraire, bien délimités; ils existent ou ils manquent : présence ou absence de certaines particularités morphologiques (épines, réserves amylacées ou sucrées, etc.).

On peut encore distinguer l'*hérédité normale*, qui s'applique à la transmission des caractères continus ou discontinus lorsque l'expérimentateur opère avec des *lignées pures* (groupements d'individus provenant d'une seule graine initiale et régulièrement autofécondés), et l'*hérédité anormale*, lorsqu'il s'agit de transmission de caractères à la suite d'hybridation, de métissage ou de croisement de lignées distinctes par une ou plusieurs séries de caractères.

Examinons les caractères particuliers des trois modes d'hérédité distingués plus haut :

1° *L'hérédité fluctuante.* — L'hérédité des caractères continus (fluctuants) n'apparaît absolue que si l'expérimentateur compare le caractère moyen des enfants au caractère moyen de la lignée des parents. Il faut donc, pour la reconnaître, considérer non pas des individus, mais des lignées pures; elle est mise en évidence par les formules générales de l'équilibre. On traduit la plasticité de ces caractères par l'analyse des oscillations qui correspondent à des déviations de la moyenne. Ces caractères *fluctuants* (dans une céréale, par exemple : la densité des épis, la hauteur des tiges, le poids des graines) sont des caractères susceptibles de mesure, qui montrent dans une même lignée des degrés définissant les variations individuelles. Ils ne sont pas chez tous les descendants identiques à ce qu'ils étaient chez la plante mère. On peut représenter la fluctuation d'un caractère déterminé par une courbe établie à l'aide de données statistiques résultant de numérations aussi nombreuses que possible faites sur les individus (*biométrique*) : le caractère moyen vrai d'une lignée est défini par l'abscisse du maximum de la courbe représentative de la fréquence de ce caractère.

Si l'on compare de telles courbes obtenues avec des groupes d'individus assez nombreux, on remarque qu'elles sont constantes, c'est-à-dire présentent une forme caractéristique. Cette forme définit le caractère envisagé dans la diagnose de la variété.

L'expérimentation a permis de reconnaître l'hérédité des caractères fluctuants définis par leur caractère moyen. « La transmission des positions d'équilibre se fait d'après les règles qui régissent la transmission des caractères discontinus. » On conçoit que souvent les qualités des enfants diffèrent de la moyenne de la lignée; en ce cas, il y aura, par la suite, *réversion*, c'est-à-dire retour progressif des enfants à la moyenne. La sélection artificielle a pour but de rechercher des lignées à caractères moyens favorables et, dans chacune d'elles, les porte-graines qui présentent le caractère fluctuant, que l'on a en vue, au degré le plus favorable. Il faut alors une sélection continue, car, en vertu de la réversibilité dont il vient d'être question, il y a réapparition progressive, chez les enfants, des intensités diverses du caractère fluctuant, dès que la sélection cesse.

2° *L'hérédité mixte.* — C'est le cas de l'hérédité résultant de croisements, non pas de variétés ou races d'une même espèce, comme dans l'hérédité alternante, mais de croisements d'espèces élémentaires. Ils sont caractérisés par la stérilité plus ou moins marquée des descendances dans le cours des premières générations. Il semble, dit M. Blaringhem, qu'il y ait là *combinaison*, au sens chimique du mot, de certains éléments cellulaires avec épuration suivie d'une stabilisation qui se traduit à la fois par la plus grande fécondité et par la persistance de formes intermédiaires ou de formes nouvelles.

Les affinités particulières des lignées combinées permettent seules de prévoir le résultat des croisements. Il y a lieu de les traiter avec les méthodes propres aux sciences chimiques, par groupes de composés offrant des réactions analogues.

C'est l'hérédité mixte qui a joué le rôle essentiel dans la production des nombreuses espèces rencontrées tant dans la nature que dans la culture et qui explique, en partie, la diversité des espèces et des genres. L'hérédité mixte présente deux modalités particulières : l'hérédité en mosaïque et l'hérédité unilatérale.

L'hérédité en mosaïque est la *juxtaposition* des caractères des deux parents sur certains hybrides ou même sur certains organes de la même plante hybride : fleurs,

grappes, fruits, etc. Soit, par exemple, la production de grappes de raisins renfermant à la fois des grains blancs et des grains noirs, voire même des grains nettement blancs sur une partie de leur surface et noirs sur la partie restante, etc. L'auteur a encore appelé cette hérédité : hérédité *naudinienne*, en l'honneur du savant français Ch. Naudin, qui l'a découverte et à la mémoire de qui M. Blaringhem rend hommage à diverses reprises. L'hérédité naudinienne correspond à des hybrides d'espèces ou de genres différents.

L'hérédité unilatérale est un cas extrême de l'hérédité en mosaïque où les caractères *d'un seul* des parents sont transmis à la progéniture, donnant ainsi les « faux hybrides » de Millardet qui en a signalé les exemples les plus caractéristiques, tels que ceux qui résultent de l'hybridation d'espèces différentes de fraisiers.

3° *L'hérédité alternante ou mendélienne.* — C'est l'hérédité de caractères discontinus et indépendants à la suite d'hybridation dans le sein de l'espèce, ces caractères définissant, le plus souvent, les variétés dans une espèce. Ils se substituent dans les croisements les uns aux autres, sans altération de la fécondité et sans modification de l'équilibre spécifique.

Cette hérédité alternante « correspond aux modifications extérieures des différents états discontinus d'un caractère commun aux deux parents, donnant lieu à des virages, à des condensations, ou à des substitutions ». Ces substitutions de phases discontinues d'un même caractère s'effectuent suivant des règles « qui rappellent les lois de substitution des divers états d'un corps dans les complexes chimiques ».

Le nombre des caractères sujets à cette hérédité est limité et leurs groupements selon les règles des combinaisons algébriques, formulées par le moine tchèque Gregor Mendel, fournissent toutes les formes stables différenciées et indéfiniment fécondes qu'il est possible d'obtenir.

L'auteur insiste sur le fait que les lois de Mendel ne s'appliquent dans toute leur rigueur qu'aux caractères indépendants et discontinus et qu'il y a incorrection à vouloir, « comme la plupart des génétistes au début du XXe siècle », les étendre à la transmission de tous les caractères qu'il est possible d'isoler et d'associer par couples sur les parents de l'hybride; « ce ne sont pas les règles qui sont en défaut, les erreurs proviennent de la confusion des notions opposées ».

L'auteur développe avec une grande compétence et une expérience avérée les thèmes que nous venons d'indiquer. En outre, il insiste dans ses conclusions sur l'intérêt qu'il y a de comparer les phénomènes de l'hérédité aux faits étudiés en Physique et en Chimie : « Les lois de l'équilibre sont évidemment les mêmes dans ces différents ordres de sciences et il est probable que des rapprochements entre leurs applications mettront en évidence des analogies utiles pour leur perfectionnement réciproque. » Les développements que l'on trouvera à ce sujet dans l'ouvrage de M. Blaringhem constituent sans doute la partie la plus originale de son livre.

Si, maintenant, nous revenons de ces considérations transcendantes au domaine plus terre à terre des applications pratiques, nous devons constater que la publication du travail de M. Blaringhem est tout à fait opportune.

Sous l'aiguillon de la plus dure des nécessités, beaucoup de gens découvrent aujourd'hui l'Agriculture et son rôle utile; un mouvement se dessine pour stimuler la production et accroître les rendements. Des Offices agricoles régionaux ont été créés, disposant de quelques moyens matériels. Quel sera leur rôle? se borneront-ils simplement à encourager les anciens errements ou bien feront-ils encore une part assez large aux méthodes nouvelles et d'ailleurs éprouvées — dans d'autres pays? Parmi elles, il faut placer au premier rang la sélection, notamment celle des céréales telle que l'appliquent aujourd'hui en grand tous les pays agricoles, hormis le nôtre. Les méthodes nouvelles (« nouvelles » au moins par leur mise en œuvre généralisée dans la grande culture de certains pays) devraient être mises à l'étude dans toutes les régions agricoles de la France, en faisant crédit aux sélectionneurs, dûment qualifiés, des quelques années nécessaires pour arriver à des résultats certains.

Nous souhaitons que M. Blaringhem traite quelque jour le même sujet spécialement pour les praticiens.

Quoi qu'il en puisse advenir, il faut savoir gré à M. Blaringhem de ce qu'il a déjà fait pour diffuser chez nous les connaissances relatives à l'hérédité expérimentale et par conséquent à la sélection agricole. La question est d'un intérêt égal pour le biologiste et pour l'agronome; à ce double titre, le nouveau livre de M. Blaringhem sera accueilli avec toute la faveur qu'il mérite.

J. Beauverie,
Professeur à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand.

3° Sciences diverses

Diehl (Ch.), *Membre de l'Institut.* — **Byzance. Grandeur et décadence.** — *1 vol. in-18 de 343 pages de la* Bibliothèque de Philosophie scientifique (*Prix : 5 fr. 75*). *E. Flammarion, éditeur, Paris*, 1919.

L'auteur des *Figures byzantines* a voulu, dans un volume de la *Bibliothèque de Philosophie scientifique*, présenter au public l'évolution si tourmentée de l'Empire byzantin. S'élevant contre un préjugé historique, M. Diehl s'attache, dans une série d'études très intéressantes, à démontrer que, dans le millénaire qu'a parcouru cet empire d'Orient, sa décadence n'a pas été progressive, régulière, mais qu'il a présenté des périodes de grandeur, de régénération plus ou moins prolongées. « Si l'on voulait, dit-il, donner une représentation graphique de son évolution, ce n'est point par une ligne droite, descendant sans arrêt vers l'abîme, qu'il la faudrait figurer, mais bien par une série de courbes, tour à tour ascendantes et descendantes. » En réalité, il en est ainsi de toutes les sociétés, comme des individualités mêmes, qui évoluent toujours suivant une courbe sinusoïdale plus ou moins irrégulière.

Le livre I constitue un résumé très précis des grandes époques entre lesquelles se partage l'histoire de Byzance. Mais ce sont surtout les livres II et III dans lesquels l'auteur, utilisant sa profonde connaissance du monde byzantin, nous montre, après les éléments de puissance qui ont permis son développement et sa résistance prolongée, les causes de faiblesse qui ont finalement provoqué sa chute.

Division nécessairement arbitraire, puisque les éléments de force ont souvent été des facteurs de débilité : telle l'organisation de l'armée, si différente de l'armée romaine et qui ne paraît jamais avoir été groupée autour d'une force morale unique. Ni l'idée de Patrie, ni celle du Basileus ne furent comprises par ces bandes armées. Et le mot de Bélisaire, rappelé par M. Diehl, explique suffisamment les chutes successives de l'Empire byzantin : « Vous ne savez pas obéir. »

Parmi les causes de dissolution, une des plus frappantes est certainement l'influence des moines : le monachisme, toujours en lutte avec le pouvoir impérial et souvent aussi avec le patriarcat ; clergé régulier et clergé séculier se livrant, ici comme partout, à des luttes ardentes, souvent instaurées sous le couvert de discussions dogmatiques, mais ayant toujours pour cause réelle des intérêts terrestres. Les pages consacrées au péril religieux sont parmi les plus intéressantes de cet ouvrage, bien que la lecture en soit quelquefois difficile et ardue pour celui qui ne connaît pas déjà suffisamment l'histoire de ces querelles politico-religieuses.

Après avoir montré ce dont le monde civilisé actuel est redevable à la civilisation byzantine, M. Diehl termine par un chapitre sur l'héritage de Byzance. Il nous signale les visées des Grecs, des Serbes, des Bulgares et des Russes sur la ville de Constantin, aujourd'hui et peut-être demain encore entre les mains des Osmanlis. Mais, prudemment, il se garde de jouer le rôle d'arbitre.

J.-P. Langlois.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 5 Janvier 1920

1° Sciences mathématiques. — M. **P. Humbert** : *Les calculs de G. H. Darwin sur la stabilité de la figure pyriforme.* Liapounov a conclu de ses calculs à l'instabilité de la figure pyriforme, Darwin à la stabilité. L'auteur montre que les résultats que Darwin oppose à Liapounov sont en réalité inexacts ou douteux; il semble bien que la méthode de Poincaré, bien développée, conduise au résultat de Liapounov, c'est-à-dire à l'instabilité de la figure pyriforme. — M. **A. Véronnet** : *Formation d'un astre isolé dans une nébuleuse homogène indéfinie.* L'auteur montre qu'il aurait suffi, dans une nébuleuse homogène indéfinie, de quelques molécules de plus, à la place où se trouve chacune des étoiles, pour concentrer entièrement la matière de tout l'espace, en quelques centaines de millions d'années, et pour former toutes nos étoiles à l'état de soleils lumineux et chauds. Un atome aurait suffi pour former un soleil en moins de 400 millions d'années. Il semble que la Voie lactée n'est pas un système stellaire séparé, mais simplement une *région* d'étoiles brillantes à formation achevée, formant un plan plus ou moins régulier, région qui serait comprise entre deux régions de nébuleuses, ou de systèmes en formation, où la densité primitive était plus faible, et l'évolution plus lente que dans le plan de la Voie lactée.

2° Sciences physiques. — M. **A. de Gramont** : *Sur les spectres d'arc direct des métaux à point de fusion peu élevé.* De l'étude des spectres d'arc des métaux suivants : Zn, Cd, Sn, Pb, Sb, Bi, Mg, Al, l'auteur conclut que les spectres d'arc ne doivent pas être considérés comme invariables et toujours identiques à eux-mêmes. Ils sont susceptibles d'offrir de notables variations, non seulement dans les intensités de certaines raies, mais aussi dans l'apparition de celles-ci, et ces variations sont étroitement dépendantes de l'intensité du courant qui alimente l'arc. — M. **G. A. Hemsalech** : *Sur l'émission aux températures hautes de particules positives lumineuses par les métaux alcalins.* Tous les éléments de la famille des métaux alcalins émettent à haute température des particules positives. Pour une température donnée, l'extension et le développement des trajectoires lumineuses varient en raison directe des poids atomiques. La température critique à laquelle l'émission de particules positives devient appréciable varie en raison inverse du poids atomique. — MM. **Ch. Moureu, Ch. Dufraisse, Paul Robin** et **J. Pougnet** : *Sur la stabilisation de l'acroléine. V. Action stabilisante des corps à fonction phénolique.* Les auteurs ont reconnu que les phénols jouissent de la propriété de stabiliser l'acroléine pure (en empêchant sa transformation en disacryle). La présence de plusieurs fonctions phénoliques sur le noyau produit un accroissement notable du pouvoir stabilisant, sauf quand les OH se trouvent en position méta. — M. **J. B. Senderens** : *Hydrogénation catalytique du lactose.* La réaction principale qui se produit en présence d'un nickel peu actif consiste dans la fixation d'une seule molécule d'H sur la molécule de lactose anhydre avec formation de dulcite. Il se forme également un autre sucre, qu'on retire des eaux mères de cristallisation de la dulcite ; F. 78° ; $[\alpha]_D = +12°,2$. Il correspond à la formule $C^{12}H^{24}O^{11} + H^2O$ et l'auteur lui a donné le nom de lactosite. L'acide sulfurique étendu le dédouble en sorbite et galactose. — M. **E. de Loisy** : *Sur un procédé industriel de fabrication synthétique de l'alcool ou de l'éther à partir des gaz de distillation de la houille.* L'auteur fait avancer méthodiquement à la rencontre du gaz d'éclairage de l'acide sulfurique additionné de 1 °/₀ de catalyseur; celui-ci absorbe successivement l'éthylène, les carbures adventices, l'eau du gaz (dont l'élimination est indispensable aux réactions précédentes), puis, après avoir rendu ses alcools (suivant le degré de dilution, la distillation donnera à volonté de l'alcool ou de l'éther), il sera transformé en sulfate d'ammoniaque. Avec des appareils de laboratoire de la plus grande simplicité, cette méthode, depuis plusieurs mois, produit de petites quantités d'alcool éthylique pur avec le gaz de la Ville de Paris.

3° Sciences naturelles. — M. **A. Lacroix** : *La systématique des roches grenues à feldspathoïdes et plagioclases.* Dans la série sodique, un premier groupe est caractérisé par une plus haute teneur en alcalis ; il comprend les essexites et les théralites, ces dernières renfermant moins de feldspath potassique et plus de néphéline que les essexites; l'auteur distingue des théralites des roches, dans lesquelles l'orthose est rare ou dissimulée, le plagioclase plus basique et la néphéline moins abondante par rapport aux feldspathoïdes ; elles comprennent les luscladites et les bérondrites. Restent deux formes hétéromorphes (de composition minéralogique différente, tout en ayant une grande similitude de composition chimique), dont l'une est caractérisée par la disparition de la néphéline (mafraïte), l'autre par celle des feldspaths (fasinite). Dans la série potassique, les roches grenues à plagioclases et leucite sont inconnues en place, mais se rencontrent, sous forme de blocs de projection, dans les tufs de la Somma (puglianite et sébastianite). — M. **N. J. Lebedeff** : *Le Terrain carbonifère de la chaîne du Caucase.* De riches gisements fossilifères, alignés sur une longueur de 110 verstes, ont été récemment découverts sur le versant nord de la chaîne du Caucase, ainsi que des veines de charbon au nombre de 8-11. Certains de ces fossiles étaient considérés jusqu'à présent comme propres au Carbonifère des Indes et de la Chine ; d'autres sont communs aux gisements du Donetz, de l'Oural, et de Moscou. L'ensemble permet d'attribuer les couches découvertes au Carbonifère moyen et supérieur. — M. **Ch. Picquenard** : *Sur la flore fossile des bassins houillers de Quimper et de Kergogne.* De l'examen de ces flores, il résulte que le faisceau des couches actuellement connues dont le bassin de Quimper doit être classé à la base de la formation stéphanienne, tandis que la flore fossile du bassin de Kergogne ressemble beaucoup à celle de l'étage à Calamodendrées tel qu'il existe à Blanzy et à Commentry. — M. **G. Mangenot** : *Sur l'évolution du chondriome et des plastes chez les Fucacées.* Les recherches de l'auteur montrent que la cellule apicale des *Fucus* renferme des phæoplastes bien constitués ; ce caractère, entre plusieurs autres, la rapproche de la cellule initiale des Sphacélariacées, étudiée par Swingle et Escoyez ; sans doute, les microsomes décrits par ce dernier auteur chez le *Stypocaulon* ne sont-ils autre chose que des mitochondries granuleuses. — M. **P. Noguès** : *Le vol à voile par vent horizontal de vitesse et de direction invariables.* Un vent horizontal de vitesse et de direction invariables peut-il devenir une source d'énergie permettant à un oiseau de naviguer en tous sens comme un bateau à voiles ? L'auteur répond affirmativement à cette question et en donne une démonstration. — Mlle **M. Gauthier** : *Sur le « Trypanosome » de la Truite.* L'auteur a retrouvé le premier Trypanosome découvert en 1841 par Valentin chez la Truite et perdu de vue depuis lors. Il se distingue par ses granulations et de singuliers mouvements d'expansion pseudopodiques brusques, d'enroulement et de déroulement. Il doit rentrer dans le genre *Trypanoplasma* et y former une espèce nouvelle, *Tr. Valentini.* Il est vraisemblablement transmis par une petite sangsue, la *Piscicola geometra* L., que l'auteur a

trouvée plusieurs fois fixée sur des truites dans le même cours d'eau. — M. **T. Kabéshima** : *Thérapie expérimentale des porteurs de germes.* Les expériences de l'auteur ont montré que le bactériolysat du bacille dysentérique de d'Hérelle, introduit dans la circulation, passe dans la vésicule biliaire où il exerce son action bactériolysante sur les bacilles qui peuvent s'y trouver. Il est donc logique de penser qu'il serait possible, au moyen d'un principe bactériolysant actif contre le bacille typhique, d'obtenir un résultat semblable chez les porteurs de bacilles d'Eberth. — M. **F. d'Hérelle** : *Le processus de défense contre les bacilles intestinaux et l'étiologie des maladies d'origine intestinale.* D'une série d'observations sur l'homme et les animaux on peut dégager les notions suivantes : ubiquité des germes dysentériques, typhiques et paratyphiques; extrême fréquence des infections avortées par suite de l'accoutumance rapide du microbe bactériophage à la bactériophagie vis-à-vis du germe envahisseur; similitude du processus de défense chez l'individu réfractaire. — MM. **P. Courmont** et **A. Rochaix** : *La flore bactérienne des eaux d'égouts épurées par le procédé dit des « boues activées ».* La réduction microbienne dans l'eau épurée par le procédé des boues activées est considérable (202.500.000 par cm^3 à 67.587 dans un cas). Les espèces microbiennes des eaux épurées sont toutes aérobies; ces eaux ne renferment aucun anaérobie strict ; les germes de la putréfaction paraissent donc détruits. Dans les deux cas, les espèces chromogènes prédominent de beaucoup sur les espèces non chromogènes. Les eaux épurées ne paraissent renfermer ni colibacille, ni aucune espèce pathogène classique.

Séance du 12 Janvier 1920

1° Sciences physiques. — M. **A. Blondel** : *Sur une méthode pour la mesure de la transparence atmosphérique.* L'auteur montre qu'on peut mesurer la transparence atmosphérique, si importante pour l'étude des projecteurs, par une méthode différentielle analogue à celles employées dans la mesure des pouvoirs absorbants des liquides ou de l'opacité des clichés photographiques, notamment la méthode utilisée dans l'opacimètre de MM. Fabre et Buisson. Il décrit l'appareil qu'il a combiné à cet effet et qui dérive directement du spectrophotomètre de Lummer-Brodhun. — M. **L. Besson** : *Diminution de la transparence de l'air à Paris.* L'auteur a rassemblé les résultats des observations de la transparence de l'air faites depuis 25 ans au sommet de la tour Saint-Jacques par la méthode de la distance limite de visibilité. On en déduit que : 1° le trouble de l'air, naturellement variable avec les conditions météorologiques, a, d'une façon générale, augmenté lentement pendant les vingt dernières années; 2° il a présenté une énorme augmentation pendant la guerre. — M. **F. Canac** : *Détermination de l'orientation des rangées et des plans réticulaires d'un cristal.* On sait que les rayons X diffractés par les cristaux donnent sur un écran une série de taches, qu'on peut interpréter comme dues à la réflexion du faisceau incident sur les plans réticulaires. L'auteur indique un moyen simple de voir immédiatement le plan réfléchissant relatif à une tache donnée. La méthode consiste à envoyer sur un cristal un faisceau de « lumière blanche » de rayons X faisant un angle de quelques degrés avec la rangée à étudier. Les plans réticulaires passant par cette rangée donnent des rayons réfléchis dont la répartition la caractérise. — M. **Pauthenier** : *Les retards absolus dans le phénomène de Kerr.* L'auteur a observé au moyen d'un appareil interférentiel les retards absolus du phénomène de Kerr dans le nitrobenzène. Pour les vibrations perpendiculaires au champ électrique, dès qu'on introduit le condensateur de Kerr dans le circuit, les franges font, comme dans le cas d'un échauffement, un bond vers le bas du champ de la lunette, où elles restent parfaitement immobiles : les vibrations *perpendiculaires* au champ sont *avancées*. Si les vibrations sont parallèles au champ, les franges font au contraire un bond vers le haut : les vibrations *parallèles* au champ sont *retardées*. Le retard est plus grand que l'avance. Dès que le condensateur est mis hors du circuit, les franges reviennent instantanément à leur position première. — M. **P. Braesco** : *Sur la dilatation des alliages cuivre-antimoine.* Certains alliages compris entre 4 et 50 °/o de Sb présentent, pour certaines températures, un accroissement de volume considérable. La transformation est réversible et on peut l'obtenir autant de fois qu'on le désire avec le même alliage. Le maximum a lieu pour 38,6 °/o de Sb, correspondant au composé Cu^3Sb ; par contre, le phénomène est nul pour l'alliage à 50 °/o de Sb. — MM. **N. R. Dhar** et **G. Urbain** : *Tension de polarisation et constitution des complexes cobaltiques.* La tension de polarisation dépend dans une certaine mesure de la nature de l'ion de signe contraire qui accompagne le complexe cobaltique. La substitution progressive de H^2O à NH^3 dans le complexe diminue la tension, celle d'un halogène à l'eau la relève, celle de NO^2 à Cl l'abaisse. — M. **Eug. Wourtzel** : *Sur l'existence de l'anhydride nitreux à l'état gazeux.* Pour élucider la question de l'existence de ce gaz, l'auteur a déterminé la contraction qui se produit lorsqu'on mélange des quantités connues des gaz NO et O^2, en prenant en excès le gaz NO. Il se forme en effet NO^2 qui, en réagissant sur NO en excès, doit donner N^2O^3. Les mesures montrent que, sous une pression totale voisine de 1/4 d'atmosphère, le mélange à peu près stœchiométrique de bioxyde et de peroxyde d'azote contient environ 2,5 °/o de gaz N^2O^3. — M. **Em. Saillard** : *Balance de l'azote pendant la fabrication du sucre.* Dans les fabriques de sucre qui distillent leurs mélasses et incinèrent les vinasses, l'azote apporté par les betteraves se partage, pour 100 de l'azote total, de la façon suivante : dans les tourteaux de carbonatation, 15; dans la pulpe-fourrage, 20; dans les eaux de presse et petites eaux, 18 ; dégagé sous forme d'ammoniaque pendant le travail, 17; dégagé pendant l'incinération des vinasses, 30. SO^2 et ses composés précipitent les mêmes matières polarisantes que le sous-acétate de plomb dans les betteraves saines; ils précipitent également les matières albuminoïdes du jus de betteraves comme l'hydrate de cuivre. — M. **G. André** : *Sur l'inversion du sucre de cannes pendant la conservation des oranges.* D'expériences faites en présence d'un antiseptique, l'auteur conclut que la transformation toujours notable des sucres non réducteurs en sucres réducteurs dans les oranges pendant la conservation doit être attribuée à la présence de l'acide citrique. *In vitro*, la vitesse d'hydrolyse du sucre de canne par l'acide citrique est bien plus élevée que dans le suc d'orange renfermé dans le fruit, d'où l'on déduit que, dans les tissus de l'orange, le mélange des matières sucrées et de l'acide citrique n'est pas homogène. — M. **Lemoigne** : *Réaction spécifique du 2 : 3-butylèneglycol et de l'acétylméthylcarbinol, produits de la fermentation butylèneglycolique.* L'acétylméthylcarbinol est oxydé par $FeCl^3$ en diacétyle. En milieu ammoniacal, en présence d'un sel de nickel, l'hydroxylamine se combine rapidement avec le diacétyle, même en solution très diluée, avec formation de nickel-diméthylglyoximine, superbe précipité rouge formé de fines aiguilles insolubles dans l'eau. Cette réaction est spécifique et sensible à 1/1.000.000. — M. **M. Fouassier** : *Décomposition de l'eau oxygénée par des microorganismes extraits du lait pasteurisé.* Si, pour en augmenter la durée de conservation, on ajoute H^2O^2 au lait qui vient d'être pasteurisé, celle-ci disparaît au bout de quelques heures. L'auteur montre que ce résultat est dû à l'action de germes divers renfermés dans le lait pasteurisé : *B. subtilis, Tyrothrix tenuis, Oidium lactis*, levure, qui, isolés, ont décomposé H^2O^2 par une action diastasique.

2° Sciences naturelles. — M. **M. Pereira de Souza** : *Sur le Carbonifère inférieur et moyen au Portugal.* Les montagnes de schistes qui entourent le célèbre massif de syénite néphélinique (foyaite) de la Sierra de Monchique et qui sont en grande partie métamor-

phisées appartiennent au Moscovien, sauf à l'ouest de Marmelete, ainsi que la plus grande partie de l'affleurement attribué au Culm au sud du Tage. Cette désignation de Culm doit même disparaître, car les seuls affleurements à rapporter au Carbonifère inférieur se présentent avec un facies marin. — MM. **L. Maquenne** et **E. Demoussy** : *Sur la distribution et la migration du cuivre dans les tissus des plantes vertes.* Les auteurs ont déterminé la quantité de cuivre dans les diverses parties d'un grand nombre de plantes. Le cuivre se rencontre dans toutes les parties de la plante, ce qui lui suppose une mobilité qu'on ne lui connaissait pas ; ensuite, pendant la période d'accroissement, ce métal s'accumule de préférence là où il a y davantage d'eau, c'est-à-dire aux points qui possèdent la plus grande activité vitale. Au moment de la maturation, le cuivre se dirige nettement vers les fruits. — M. **A. Krempf** : *Sur les principales modalités du développement et des relations de l'orthosepte et du stérigmatosepte chez les Anthozoaires.* La cloison microseptale de la loge des Anthozoaires (cloisons 5 et 6 des auteurs), que l'anatomie descriptive et comparée reléguait au dernier plan, se montre, à la lumière de l'embryogénie, l'élément le plus important de l'appareil cloisonnaire, celui auquel il faut faire remonter l'origine de cet appareil chez les formes primitives, celui qui seul persiste chez les Octanthides. D'organe satellite et tout d'abord sans signification appréciable, il se révèle comme une structure fondamentale à laquelle il faudra désormais constamment songer pour la recherche des homologies et la solution des difficultés morphologiques. — MM. **E. Grynfeltt** et **L. Carrière** : *Sur les muscles de l'iris du Crocodile.* Chez le Crocodile, les éléments musculaires de l'iris dérivent de la cupule optique. Le fait est évident pour le dilatateur, qui est représenté par une membrane dilatatrice striée, du type simple, différenciée dans la partie basale de la lame antérieure de la *pars iridica retinæ*. Quand au sphincter, il en émane manifestement puisque, chez l'adulte, la partie la plus interne du muscle fait encore partie de la cupule optique, dans la région où se forment, chez les Vertébrés supérieurs, les éléments du sphincter qui émigrent plus tard dans le stroma de l'iris. — M. **W. Kopaczewski** et Mme **Z. Gruzewska** : *La toxicité sérique et les propriétés physiques des gels colloïdaux.* Le sérum d'animaux d'expériences, mis en contact avec les gels colloïdaux tels que la gélose et la pectine, acquiert des propriétés toxiques foudroyantes. Les expériences des auteurs montrent que ce phénomène peut s'interpréter ainsi : l'introduction d'un colloïde déterminé dans le sérum provoque une rupture d'équilibre micellaire *in vitro* qui se prolonge *in vivo*, en se traduisant par une floculation colloïdale ; on peut admettre qu'il en résulte une obstruction du réseau capillaire, et l'asphyxie consécutive, avec son cortège habituel de symptômes.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 6 Janvier 1920

M. **A. Netter** : *Recrudescence de l'encéphalite léthargique épidémique.* L'auteur signale la réapparition de cette maladie, dont il a observé personnellement 12 cas depuis le 26 novembre, et dont plus de 20 autres cas ont été portés à sa connaissance. Sur les 3 symptômes cardinaux de la maladie, la fièvre et la somnolence ont été constantes ; la diplopie suivie de paralysie passagère de l'accommodation a manqué dans un tiers des cas. Deux sujets sont actuellement guéris sans traces, deux sont morts. — MM. **A. Sartory** et **L. Flament** : *Etude bactériologique des poudres d'œufs.* Les auteurs ont étudié au point de vue bactériologique trois échantillons de poudres d'œufs, de marques différentes, achetées dans le commerce. La flore microbienne est exclusivement aérobie ; elle comprend : 1° dans le genre *Micrococcus*, deux variétés liquéfiant la gélatine, dont une identique au *Staphylococcus citreus*, et deux variétés non liquéfiantes ; 2° dans le genre *Bacillus*, le *B. subtilis*, une variété du groupe du *B. coli* et un bacille à fonctions protéolytiques et saccharolytiques actives. La présence de tous ces microbes, en nombre considérable, doit faire considérer les poudres d'œufs comme aussi suspectes qu'une eau fortement souillée. C'est surtout dans la confection des entremets et des crèmes qu'il faut surveiller l'emploi de ces substances ; les autres préparations culinaires (omelettes, pâtisseries, etc.) peuvent subir à la rigueur, du fait de leur cuisson, une stérilisation suffisante.

Séance du 13 Janvier 1920

M. **Léon Bernard** est élu membre de l'Académie dans la Section d'Hygiène publique, Médecine légale et Police médicale.

M. **Th. Tuffier** : *Les amputations cinématiques.* Vangetti a proposé il y a quelques années d'isoler les muscles et les tendons des moignons d'amputation et de leur donner une action motrice directe sur un appareil prothétique. M. Tuffier est allé étudier cette méthode en Italie. Au membre inférieur, il n'a pas vu, après amputation de la cuisse ou de la jambe, de résultats particulièrement encourageants. C'est pour le membre supérieur, après amputation du bras et surtout après celle de l'avant-bras, que la cinématisation primitive, secondaire ou tardive, donne vraiment des résultats intéressants. Ce qui manque encore à l'amputation cinématique, c'est l'imperfection des appareils de prothèse ; il y a là un beau champ de recherches, étant donnée surtout l'existence de plus de 12.000 amputés du membre supérieur vivant actuellement en France. — M. **Boinet** : *La peste et la lèpre dans la Bible.* Un certain nombre de passages de la Bible, cités par l'auteur, montrent que la peste et la lèpre ont existé dès la plus haute antiquité en Orient ; ils établissent également le rôle étiologique des rats dans le développement et la propagation de la peste bubonique. — M. **H. Bordier** : *Méthode clinique de dosage des rayons ultra-violets.* L'auteur définit d'abord une unité de quantité : c'est la quantité de rayons ultra-violets qui, agissant normalement sur la solution N/10 d'azotate d'argent et sur une épaisseur d'un centimètre, est capable de réduire 1 mgr. d'argent par cm². En possession de cette unité, il a recherché un réactif ayant la propriété de virer sous l'influence des rayons ultra-violets et a traduit en unités de quantité les différentes teintes prises par ce réactif et correspondant à des effets biochimiques déterminés. En exposant aux rayons ultra-violets une bande de papier buvard épais imbibée d'une solution à 20 % de ferrocyanure de potassium, la couleur passe du blanc initial à un jaune de plus en plus foncé. On repère les teintes de virage de ce réactif sous l'influence de différentes doses de rayons, évaluées en unités de quantité, et on note en même temps les réactions cutanées de ces différentes doses. Pour se servir de ce chromo-actinomètre en radiothérapie ultra-violette, il suffit de placer une bande-réactif sur le même plan que les tissus irradiés et de continuer l'irradiation jusqu'à ce que cette bande ait pris la coloration de la teinte-étalon qui correspond au nombre d'unités, et par conséquent à l'effet biochimique désiré.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 27 Décembre 1919

MM. **J. Nageotte** et **L. Guyon** : *Croissance régénératrice de fibres musculaires striées, après lésion traumatique.* Les auteurs ont pratiqué, dans l'épaisseur des muscles postérieurs de la cuisse et des muscles lombaires, chez le lapin, des greffes de nerfs traités par l'alcool, la glycérine, le glycol et divers sucres. On observe, en ce qui concerne le muscle réparé à l'aide des greffes des nerfs glycérinés, une ébauche de restauration de l'élément fonctionnel, insuffisante toutefois pour aboutir à un résultat pratiquement utilisable. Par contre, dans le muscle réparé à l'aide des greffes de nerfs alcoolisés, le pont cicatriciel présente un aspect exclusivement fibreux et il ne contient pas

de fibres musculaires de régénération, sauf sur une très petite étendue à ses extrémités. En somme, le fait que des fibres musculaires néoformées peuvent envahir des greffons nerveux est établi; le rôle adjuvant de la glycérine et de divers hydrates de carbone est à vérifier. — M. F. **Granel**: *Sur l'élaboration de la graisse dans l'épithélium pulmonaire.* L'auteur considère les petites cellules nucléées de l'alvéole pulmonaire avec leur riche chondriome et leurs plastes graisseux comme des éléments doués d'une grande activité et possédant tous les caractères cytologiques d'une cellule glandulaire. Cette activité se traduit par l'élaboration de granules de nature graisseuse qui jouent peut-être un rôle dans la genèse ou la fixation de certaines substances. Ces faits sont peut-être en relation avec la théorie physiologique de Bohr, d'après laquelle les échanges gazeux du poumon sont liés à une activité sécrétoire bien plus qu'à une simple diffusion osmotique. — MM. **Cl. Gautier** et **Ph. Riel**: *Sur l'alimentation des chenilles des genres* Pieris *et* Euchloe. Les chenilles des espèces européennes des genres *Pieris* et *Euchloe* se nourrissent d'un grand nombre de plantes appartenant presque exclusivement aux familles des Crucifères, des Tropæolacées, des Résédacées et des Capparidacées; or ces quatre familles se distinguent par d'étroites affinités chimiques, en particulier la présence de glucosides sulfurés. Il semble que ce sont des sensations olfactives qui guident les papillons de ces deux genres dans leur ponte sur toutes ces plantes, si diverses morphologiquement, mais chimiquement apparentées. Pour les choix alimentaires des chenilles, la gustation intervient sans doute aussi.

Séance du 10 *Janvier* 1920

M. **Ed. Retterer**: *Du premier développement de l'os de membrane.* L'auteur a étudié la mode de formation des premières trabécules osseuses dans une membrane conjonctive. Dans le tissu mésodermique où l'os se développe, les cellules dont la trame granuleuse et réticulée ne contient que de l'hyaloplasma changent de structure ; leur hyaloplasma devient plus dense et éosinophile ; les filaments réticulés et anastomotiques augmentent de nombre. C'est ainsi que prend naissance la première substance intercellulaire ou osseuse. Simultanément, un cytoplasma clair apparaît entre elle et le noyau et forme le corps cellulaire des cellules osseuses. Pendant que celles-ci se séparent de la substance intercellulaire par la production d'une capsule, la substance intercellulaire ou osseuse s'accroît et se différencie en trame et en masse amorphe qui se calcifie. — M. **E. A. Bossan** : *Procédé pour rendre un lapin exclusivement tuberculeux pulmonaire.* Pour l'étude expérimentale de la tuberculose pulmonaire, il est extrêmement intéressant de pouvoir infecter les animaux exclusivement au niveau du poumon. On y arrive très facilement par le procédé suivant : injection dans la veine marginale de l'oreille d'une quantité quelconque de bacilles tuberculeux vivants émulsionnés dans 1 cm³ d'huile quelconque (huile d'olive en particulier). L'huile qui ne circule que très lentement au niveau des capillaires pulmonaires y abandonne tous ses bacilles : c'est une véritable filtration. Plus de 200 lapins ainsi infectés n'ont jamais montré, à quelque date qu'ils aient été sacrifiés, la moindre lésion au niveau des autres viscères. — M. **A. Ch. Hollande**: *Action du venin des Hyménoptères prédateurs.* Les chenilles de Géométrides paralysées par le venin de l'*Eumenes pomiformis*, même lorsqu'elles sont inertes, ne sont pas mortes : à la suite d'injections physiologiques avec des solutions colorantes stérilisées, leurs cellules péricardiales, leurs leucocytes-phagocytes absorbent le colorant ; leurs tubes de Malpighi l'éliminent. On ne peut donc invoquer, pour expliquer le bon état de conservation des larves inoculées, l'action conservatrice *post mortem* du venin des Hyménoptères prédateurs. Il semble plutôt que la chenille, sous l'influence de la substance anesthésiante contenue dans le venin, substance qui doit sans doute se dissoudre dans la cellule nerveuse et ne s'éliminer que difficilement, se trouve simplement placée dans des conditions de vie ralentie. — M. **E. Fauré-Frémiet**: *A propos des « cellules à graisses » de l'alvéole pulmonaire.* L'auteur a étudié les caractères cytologiques de la cellule alvéolaire nucléée du poumon. Cette cellule, souvent décrite sous le nom de cellule granuleuse, se présente comme un élément globuleux à noyau ovalaire. Elle est remplie de globules très réfringents, présentant tous les caractères de solubilité des corps gras. Les globules lipoïdes sont extrêmement solubles dans l'acétone, à l'inverse des granulations mitochondriales. Les propriétés d'un tel élément cellulaire sont totalement différentes de celles des cellules épithéliales, cylindriques ou cubiques, ciliées ou non, qui tapissent les conduits aériens. — M. **A. Garibaldi**: *Thyroïde et immunité acquise.* Le taux hétérohémolytique du serum des lapins thyroïdectomisés et immunisés dans le courant du mois qui suit l'opération se montre franchement supérieur à celui des témoins. La thyroïdectomie semble donc favoriser la formation d'anticorps d'immunisation. Cette conclusion en apparence paradoxale peut s'appuyer encore sur les résultats expérimentaux de Frouin et peut-être aussi de Launoy et de Lévy-Bruhl.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 26 *Décembre* 1919

MM. **P. Nicolardot** et **Ch. Coffignier** décrivent les conditions de préparation de divers *résinates métalliques* et les rendements obtenus. Les renseignements fournis sur ces préparations sont en général peu précis et ne concordent pas. Les auteurs indiquent en même temps les chiffres d'acidité apparente et les solubilités dans divers solvants. Le résinate de cobalt, rouge par transparence, fournit des solutions dont la couleur varie du violet clair (alcool à 95°) au jaune vert foncé (chloroforme et benzine, ses meilleurs solvants) et au jaune verdâtre (essence de térébenthine). Les couleurs des dissolutions du résinate de manganèse, rougeâtre par transparence, sont : jaune clair (alcool, acétone), orange (chloroforme, benzine), rouge orangé (essence de térébenthine). — MM. **M. Sommelet** et **E. Deroux**: *Sur la décomposition des sels quaternaires d'hexaméthylène-tétramine par l'eau.* Les présentes recherches ont porté sur les combinaisons de cette base avec des iodures acycliques : iodures de méthyle, d'éthyle, de propyle, de *n*-butyle, d'isoamyle, et avec deux iodures arylés, ceux de phénoéthyle et de phénopropyle. La réaction conduit de la combinaison $C^6H^{12}N^4 < \begin{matrix} CH^2.R \\ I \end{matrix}$ à l'aldéhyde R.CHO ; dans plusieurs des cas examinés au cours de ce travail, on a pu mettre en évidence l'iodométhylate d'hexaméthylène-tétramine comme produit accessoire de la réaction. — M. **V. Cofman**: *Le dosage et la cinétique de l'acide hypoiodeux en solution acide.* Les méthodes à présent connues pour le dosage de l'acide hypoiodeux (Pénot, Taylor, Péchard, Pieroni) sont applicables seulement quand ce composé se trouve dans un milieu alcalin ou neutre. L'auteur présente un nouveau procédé qui peut être employé également bien avec des solutions acides. Il est basé sur la réaction entre les composés phénoliques et l'acide hypoiodeux. Pour doser ce dernier dans une solution quelconque, il suffit de faire deux titrages sur des prises d'essai égales : on ajoute du phénol à une d'elles, puis toutes les deux sont additionnées d'iodure de potassium et acidulées (à moins qu'elles ne soient déjà acides). La différence dans la valeur de l'iode mis en liberté (trouvé en titrant avec du thiosulfate) est une mesure de la quantité d'acide hypoiodeux présent (2 atomes d'iode = 1 molécule de IOH). A l'aide de cette méthode on a étudié la vitesse de la transformation représentée habituellement par l'équation : $5\,IOH = 2\,I^2 + HIO^3 + 2\,H^2O$. Contrairement à l'opinion généralement reçue, la décomposition de l'acide hypoiodeux s'effectue avec une vitesse parfaitement mesurable,

et on se trouve en réalité en présence d'une réaction limitée. En commençant d'une part avec une solution d'acide hypoiodeux, obtenue par l'hydrolyse du chlorure d'iode, et de l'autre côté avec un mélange d'iode libre et d'acide iodique, on peut montrer que la vitesse de transformation correspond à une réaction de deuxième ordre.

ACADÉMIE D'AGRICULTURE

Séances d'Octobre, Novembre et Décembre 1919

M. M. **Ringelmann** continue ses études sur les conditions économiques de l'emploi des appareils mécaniques, et donne une documentation très utile *sur le travail des attelages*. Sous le climat de Paris il y a 228 journées possibles de travail des attelages dans les champs, avec un maximum de 21 journées en août, et un minimum de 15 en décembre. Pour une journée, on déduit 3 heures de la partie diurne, c'est-à-dire du lever au coucher du soleil; cela donne 2.100 heures de travail annuel effectif possible. Une notation pratique, dans une ferme de l'Oise, a permis de fixer les coefficients mensuels d'utilisation des journées utilisables; ils oscillent de 49 à 91 %, et donnent une moyenne de 72 %. C'est en avril qu'est le maximum. Sur 100 journées de travail des attelages, les labours en absorbent 30 environ, les charrois 43, les épandages d'engrais 7, les hersages et roulages 3. Il y aurait donc grand intérêt à orienter les appareils de culture mécanique vers la réalisation des charrois et travaux légers, et ne pas les utiliser seulement pour les labours. — M. **R. Worms** expose la *conception américaine de la sociologie rurale*. La sociologie rurale fait partie de l'enseignement dans une centaine d'Ecoles supérieures ou secondaires. Un de ces cours publié a eu 10 éditions de 1913 à 1917. On sait que les communautés rurales aux Etats-Unis sont très diverses, mais il y a aussi à dégager les principes généraux des sociétés rurales et agricoles par opposition aux groupements urbains. — M. **E. Pluchet** donne le résultat *d'essais sur les ensemencements très tardifs*. Il indique les inconvénients des semis trop hâtifs ou trop tardifs d'automne. Le blé Marquis s'est montré de bonne réussite; semé le 25 avril, il fut récolté 115 jours plus tard. Des plantations de pomme de terre faites le 12 et le 19 juillet avec des tubercules de rebut et fanés ont pu donner 3.000 à 4.000 kg. de rendement à l'hectare. — M. **A. Girault** étudie *le morcellement parcellaire en France* et en tire les conclusions suivantes : Le nombre des parcelles augmente par suite du développement des villes et des régions de villégiature. Le développement des voies de communication, et surtout des chemins de fer, amène aussi un lotissement notable. Il y avait en France, en 1910, 14.452 communes traversées par une voie ferrée. Là où le nombre des parcelles est supérieur à la moyenne (2,36 par ha.), la tendance à la diminution l'emporte, et c'est l'inverse pour les pays où le morcellement est inférieur à la moyenne. — Mlle **Muratet** donne quelques indications *sur les mœurs du Négril*, qui peut s'attaquer à diverses plantes potagères. — M. **André Gouin** a examiné *la meilleure utilisation des tourteaux*. Il donne les conclusions suivantes : Dans l'élevage du porc, il faut 500 kg. de tourteaux pour produire une quantité de 100 kg. de principes nutritifs utilisables; il en faut 550 kg. avec l'espèce bovine jeune, 1.150 chez l'animal pesant plus de 500 kg. C'est la vache laitière qui donne le rendement le plus avantageux, car elle n'exige que 300 kg. de tourteaux pour en tirer 100 kg. de principes nutritifs. On devrait affecter les tourteaux à la production spéciale du lait. — M. G. Wery présente un résumé des recherches du Dr **Azzi**, de Rome, sur *les périodes critiques de la végétation et les phénomènes météorologiques*. Le développement d'une culture est sous la dépendance d'influences climatériques (pluie, chaleur...) qui commandent le rendement. Les cartes phénologiques, bien connues des phytogéographes, peuvent être tracées, où figurent les périodes critiques synchrones. Ces cartes montrent la probabilité de voir réaliser des conditions favorables à une culture pour un point déterminé dont on connaît les données météorologiques. C'est en général par l'utilisation de races créées pour supporter les climats locaux qu'on évite les accidents de rendement que ceux-ci peuvent déterminer. C'est pourquoi il est indispensable de créer les bonnes races à l'aide des éléments indigènes, et pourquoi les bonnes races supportent mal les introductions sous des climats différents. Le Bureau Central météorologique de France avait autrefois dressé des cartes phénologiques visant les céréales, dans un but analogue à celui du Professeur Azzi. Pour qu'elles soient utilisables, il faut seulement qu'elles soient établies chaque année, pendant une période complète touchant les extrêmes qui peuvent être enregistrés dans le pays considéré. Cela suppose donc une notation phénologique et statistique qui n'est pas réalisée encore, et qui pourrait faire l'objet du travail d'un laboratoire spécialisé dans chaque pays agricole [1]. — M. **Vermorel** donne le compte rendu d'expériences *sur l'action fertilisante du soufre sur la vigne*. Il conclut à une action très nette d'accroissement des récoltes. — M. **Rabaté** propose une *méthode de recherche de la réaction des terres*. Elle consiste à utiliser une teinture de bois de campêche. Cette réaction est très sensible : les terres alcalines colorent l'eau d'épuisement des terres d'une teinte qui varie du mauve au violet, alors que les terres acides donnent un teinte décolorée jaune pâle ou grise. — M. **P. Marchal**, parlant de *la lutte contre les campagnols dans les régions libérées*, indique que ses expériences ont permis de retenir l'effet utile de la chloropicrine. — M. **P. Vayssière** donne la technique à employer, soit à l'intérieur des trous de campagnols, soit par épandage du toxique à la surface du sol lorsque les terres ne sont pas encore rendues à la culture. — M. **J. Aumiot** expose ses recherches sur le *rajeunissement et perfectionnement de la pomme de terre*. Il pense que la création de formes d'une grande valeur agricole n'est pas irréalisable par voie de mutation gemmaire culturale. Le croisement et le semis n'en restent pas moins les moyens les plus sûrs et les plus rapides de perfectionner la pomme de terre. — M. **M. Ringelmann**, complétant ses données sur *le travail des attelages*, préconise comme préférable l'attelage de front plutôt que l'attelage en file. Il donne les indications techniques et inconvénients relatifs aux divers systèmes d'attelages et de voitures. — Une communication est donnée par M. **P. Ferrouillat** *sur la Station d'avertissements agricoles et viticoles de Montpellier*. Il établit l'importance des services pratiques que peuvent rendre les stations météorologiques, soit pour prévoir les attaques des cryptogames et indiquer les périodes des traitements préventifs utiles, soit pour apprécier la gravité probable des invasions des insectes parasites. — M. **P. Dechambre** publie un *rapport sur la réglementation de la monte des taureaux*; l'Académie d'Agriculture a formulé des conclusions parmi lesquelles il faut noter l'utilité reconnue des Syndicats d'élevage, ceux-ci pouvant choisir et entretenir des reproducteurs mis à la disposition de leurs associés.

(*A suivre*)

Edm. GAIN.

1. Voir pour plus de détails à ce sujet l'article de M. Azzi : Le problème de la météorologie agricole, dans la *Revue gén. des Sciences* du 30 mai 1918, t. XXIX, p. 307-311.

Le Gérant : Gaston DOIN.

Sens. — Imp. LEVÉ, 1, rue de la Bertauche.

31e ANNÉE N° 3 15 FÉVRIER 1920

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences, de l'Académie de Médecine

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Physique du Globe

Les idées actuelles sur l'isostasie. — La question de l'isostasie a fait l'objet de plusieurs communications et d'une discussion animée dans une réunion spéciale convoquée à Londres le 7 novembre dernier pour s'occuper de questions de Géophysique[1]. Un résumé de ces communications permettra au lecteur de se faire une idée de l'état actuel de cette importante question.

D'après Sir S. G. Burrard, l'éminent directeur du Service géodésique des Indes, qui a ouvert la discussion, la théorie de l'isostasie peut s'exprimer, d'une façon générale, comme suit : Dans la croûte terrestre, tous les cylindres verticaux d'égal diamètre s'étendant au-dessous de la surface jusqu'à un certain niveau profond contiennent la même quantité de matière. Un cylindre vertical de la croûte, de 100 m. de diamètre, situé au-dessous du Mont-Blanc, renferme la même quantité de matière qu'un cylindre d'égal diamètre situé au-dessous de Genève : la différence de niveau qui sépare le Mont-Blanc de Genève ne signifie pas un excès de matière, car la densité de la croûte au-dessous du Mont-Blanc est moindre que la densité au-dessous de Genève, et cette diminution de densité est telle qu'elle équivaut à l'excès de volume de la montagne. De même, la croûte au-dessous de Genève ne renferme pas plus de matière que la croûte au-dessous de l'Atlantique, car la différence de niveau entre la surface terrestre à Genève et le fond de l'Atlantique est contrebalancée par un déficit de la densité existant en profondeur. La masse de la croûte est uniforme sous les montagnes, sous les continents et sous les océans.

Pratt a énoncé cette hypothèse il y a 50 ans, et bien que des anomalies inexpliquées de la pesanteur aient fréquemment conduit à la mettre en doute, plus les recherches progressent, plus la conviction s'affirme que l'hypothèse de Pratt est universellement correcte. Sir Burrard lui-même a souvent rencontré des anomalies de la gravité qui semblaient en opposition avec elle, mais, après un examen plus détaillé, ces anomalies sont venues la confirmer.

Depuis l'époque de Pratt, l'histoire de l'isostasie a d'ailleurs été en grande partie une suite de conceptions erronées. Beaucoup de traités prétendent que, tandis que les grands massifs montagneux comme les Alpes sont compensés isostatiquement, les petites montagnes ne le sont pas. On ne voit pas pourquoi même une petite masse comme la Grande Pyramide d'Egypte ne serait pas compensée ; tout ce qu'on peut dire, d'ailleurs, c'est que les moyens dont nous disposons ne sont pas assez sensibles pour nous permettre de nous prononcer dans un sens ou dans l'autre. Les plaines alluviales du Mississipi et du Gange subissent constamment des charges additionnelles de dépôts limoneux, mais ces charges sont compensées dès qu'elles se déposent par des diminutions de densité de la croûte.

Le Professeur Chamberlain a soutenu que la Terre est aujourd'hui isostatique parce qu'elle l'était déjà à son origine. Mais l'isostasie n'est pas une relique du passé : c'est un état qui subit des réajustements encore aujourd'hui. Depuis l'origine de la Terre des montagnes ont surgi, se sont élevées à de grandes hauteurs, puis se sont affaissées, des continents sont devenus des mers, et aujourd'hui l'isostasie est le produit de réajustements perpétuels.

Quand Pratt a énoncé sa théorie, Airy a suggéré que les montagnes étaient des masses flottantes. Mais l'isostasie n'est pas la flottaison. Osmond Fisher a habilement développé la théorie de la flottaison, en supposant que toutes les montagnes ont des racines légères qui s'enfoncent dans un magma liquide lourd, la profondeur des racines variant avec la hauteur des montagnes. De nombreuses observations géodésiques dans le nord des Indes ont prouvé, cependant, que la profondeur de compensation de l'Himalaya (6.500 m. de hauteur) et du Vindhya (800 m. de hauteur) est la même. Hayford, en Amérique, a également obtenu des résultats montrant une profondeur uniforme de compensation. L'hypothèse que les montagnes s'élèvent par flottaison n'est donc pas supportée par les faits.

La surrection des montagnes a été attribuée par les

1. *The Observatory*, t. XLII, n° 546, p. 437 ; déc. 1919.

géologues à la contraction de la Terre produisant une compression horizontale qui a plissé la croûte solide. On a soutenu que cette théorie est incompatible avec l'isostasie. Là encore il y a eu erreur : le tort a été de chercher à développer une théorie attribuant l'élévation des montagnes et leur compensation isostatique à une seule et même cause, car l'isostasie paraît tout à fait indépendante de la cause qui fait surgir les montagnes.

A l'exposé de Sir S. G. Burrard, M. A. E. H. Love, professeur de Philosophie naturelle à l'Université d'Oxford, est venu ajouter les remarques suivantes :

Le principe de l'isostasie dépasse de beaucoup la portée d'une supposition empirique destinée à coordonner les résultats des observations géodésiques. C'est une hypothèse sur l'état mécanique de la matière qui constitue la Terre. Le problème fondamental de la Géodésie est la détermination d'une surface géométrique, appelée géoïde, qui coïncide avec la surface moyenne des mers, là où elles existent, et qui se continue sous les continents comme une surface équipotentielle soumise à la gravité. Le résultat général des observations géodésiques, c'est que le géoïde est très approximativement un sphéroïde aplati. La distribution des masses à l'intérieur de la Terre doit être telle qu'elle ne perturbe sérieusement ni la forme sphéroïdale du géoïde, ni la façon dont la pesanteur varie sur le géoïde. Ces conditions sont observées quand on suppose que la Terre consiste en une croûte relativement mince et un noyau, que la limite interne de la croûte est une surface équipotentielle à une distance pratiquement constante au-dessous du géoïde, que la substance du noyau est disposée de telle façon que les surfaces d'égale densité soient des surfaces équipotentielles, enfin que la substance de la croûte est ainsi arrangée que des masses égales de la croûte (et de l'océan) reposent sur des surfaces égales du noyau. C'est cette dernière hypothèse qui constitue le principe de compensation de Pratt. L'état mécanique du noyau est considéré comme un état d'équilibre hydrostatique ; cette supposition n'est d'ailleurs pas contradictoire avec la conclusion de Lord Kelvin, à savoir que le noyau est solide, car sa surface est une surface équipotentielle, soumise à une pression uniforme. Ce principe aide à comprendre comment l'équilibre de la croûte se maintient, puisque la force tangentielle n'intervient que pour expliquer les déviations autour de la moyenne. L'état mécanique assumé dans cette hypothèse est celui qui nécessite la résistance minimum pour le maintien de la figure de la Terre.

L'hypothèse de l'isostasie présente donc de multiples avantages : elle coordonne les résultats des observations géodésiques, elle rend compte d'une façon plausible de l'état de la matière qui compose la Terre, et enfin elle offre de nombreuses suggestions pour la solution des problèmes de Géologie physique.

§ 2. — Physique

Le pouvoir diathermane des corps aux basses températures. — Dans une conférence à l'Institution Royale de Londres, Sir James Dewar a fait connaître le résultat de ses recherches récentes sur les transparences relatives ou pouvoirs diathermanes des diverses substances à la température de l'oxygène liquide.

L'oxygène liquide est lui-même très transparent aux radiations à basse température; une mince membrane de caoutchouc également. Les propriétés physiques de cette dernière la rendent éminemment appropriée à la construction d'un dispositif thermoscopique. Celui-ci se compose essentiellement d'un certain nombre de particules de carbone de 0,5 mm. environ de longueur, reposant sur un petit chiffon et renfermées dans un récipient clos à la partie supérieure par la membrane mince de caoutchouc. Ce récipient est relié à un manomètre délicat, et au moment voulu on peut abaisser sur la membrane un écran protégeant les granules de carbone contre toute radiation extérieure. Pour assurer l'isolement thermique effectif de cet ensemble, on l'immerge dans de l'oxygène liquide contenu dans un tube à vide, ce dernier étant entouré lui-même d'un vase contenant de l'air liquide. L'oxygène liquide doit être exempt de particules de glace ou d'acide carbonique solide ; on peut enlever ces dernières en y plongeant un cristal de nitrate d'uranium ; le refroidissement provoque dans ce dernier des pressions internes qui l'électrisent ; les cristaux de glace et de CO^2 solide viennent y adhérer et sont enlevés avec lui. La surface interne du vase contenant l'oxygène liquide est recouverte d'un papier noir, qui sert à absorber toute radiation étrangère.

Quand une radiation à basse température, transmise par l'oxygène liquide qui surmonte le dispositif, tombe sur les granules de carbone, elle produit une variation du volume de gaz absorbé par le carbone, et la modification consécutive de la pression dans l'enceinte contenant les granules, indiquée par le dispositif manométrique, sert en quelque sorte de mesure de l'intensité de la radiation tombant sur les granules. Ce dispositif est capable de déceler une variation de température de l'enceinte de l'ordre de 0°,0005 C.

Les mesures ainsi effectuées ont montré qu'à la température de l'oxygène liquide le quartz est beaucoup moins transparent à la radiation qu'à la température ordinaire. La loi de la 4e puissance pour l'émission de la radiation se vérifie aussi bien à basse qu'à haute température. Voici les transparences relatives de diverses substances : HCl, 10,6°/₀ ; SO^2, 20°/₀ ; NH^3, 4°/₀ ; CCl^4, 33°/₀ ; COS, 53°/₀ ; P, 76°/₀.

Sir J. Dewar a déterminé la transparence du sel gemme à l'état massif, concassé et comprimé ; la masse concassée, puis mouillée avec de la saumure, et soumise à la compression, est formée de petits cristaux séparés par des pellicules d'eau fortement adhérentes qu'aucune compression ne peut éliminer. Voici la transparence thermique à basse température de quelques solides comprimés : iode, 38°/₀ ; acide benzoïque, 7°/₀ ; camphre, 9°/₀.

La substitution de H à N dans les substances organiques produit une forte diminution du pouvoir diathermane aux basses températures. Celui-ci permet une distinction rapide des isomères, car en général la transparence de deux isomères diffère considérablement.

§ 3. — Chimie physique

Le mécanisme de l'addition de l'hydrogène aux glycérides non saturés en présence de nickel finement divisé. — L'emploi du nickel réduit finement divisé comme catalysateur dans les réactions chimiques qui comportent l'addition d'hydrogène aux composés non saturés a été indiqué dès 1897 par Sabatier et Senderens ; mais il ne semble pas qu'aucun des nombreux chercheurs qui ont étudié ce sujet depuis lors l'aient considéré du point de vue de la Dynamique chimique, bien que la vitesse de la réaction ait une importance capitale pour ses applications industrielles. M. R. Thomas[1] a récemment communiqué à la Section de Liverpool de la Société anglaise de Chimie industrielle les travaux qu'il a effectués sur cette question.

Ses recherches ont été faites avec l'huile d'olive, celle des huiles végétales et animales qui se rapproche le plus d'un composé chimique défini. Des considérations théoriques l'avaient amené à la conclusion que la réaction entre l'hydrogène pur, maintenu à pression constante, et un glycéride non saturé doit être du premier ordre. Il a trouvé en effet que la combinaison de l'hydrogène à pression constante avec l'huile d'olive est une réaction monomoléculaire, et les valeurs observées pour l'absorption d'H concordent bien avec celles qu'on déduit des équations théoriques.

1. *Journal of the Soc. of chem. Ind.*, t. XXXIX, n° 2, p. 10T ; 30 janv. 1920.

L'auteur a ensuite recherché quelle est la fonction du catalysateur. Sabatier attribue son action à la formation et à la décomposition successives d'un hydrure de nickel instable, tandis qu'Armstrong et Hilditch comparent l'action du nickel dans le durcissement des huiles à celle d'une enzyme dans l'hydrolyse des glucosides. Or les expériences relatives à l'influence de la pression p de l'hydrogène sur la vitesse de la réaction ont montré à M. Thomas que le taux de saturation de l'oléine (contenant trois doubles liaisons) est proportionnel à $p^{1,5}$. Ce fait concorde avec l'hypothèse que l'hydrogène agit grâce à son absorption par le catalysateur, avec dissociation des molécules d'hydrogène en atomes. Le coefficient de température de la vitesse de réaction est faible, comme dans les réactions photochimiques : les molécules d'oléine seraient amenées à l'état actif par l'absorption d'une radiation infra-rouge émise par le catalysateur.

M. Thomas a enfin étudié l'influence des gazétrangers sur le catalysateur et sur la vitesse d'hydrogénation. Les poisons gazeux du catalysateur peuvent agir de deux façons : 1° d'une manière purement physique; c'est le cas de l'azote par exemple, qui ne réagit avec aucun des corps en présence; 2° chimiquement, soit en étant transformés par l'hydrogène en présence du catalysateur, comme l'oxyde de carbone, soit en se combinant avec le catalysateur lui-même, comme l'hydrogène sulfuré.

L'hypersensibilisation des plaques panchromatiques commerciales. — On sait que l'addition de certaines matières colorantes (érythrosine, pinaverdol, dicyanine) au bromure d'argent augmente la sensibilité des plaques photographiques aux diverses couleurs du spectre. Les plaques dites panchromatiques peuvent être préparées de deux façons : ou bien le colorant est incorporé à l'émulsion, qui est ensuite coulée sur verre (c'est ainsi qu'on fabrique les plaques commerciales), ou bien on trempe une plaque ordinaire dans une solution diluée du colorant et on laisse ensuite sécher. On a reconnu depuis longtemps qu'en ajoutant un peu d'ammoniaque à la solution colorante, on augmente en même temps la rapidité des plaques préparées par ce second procédé, M. S. M. Burka[1] a entrepris au Bureau américain des Poids et Mesures une série de recherches pour voir si l'ammoniaque a une action analogue sur les plaques pan et ortho-chromatiques commerciales.

Au cours de ses expériences, trois méthodes de sensitométrie ont été employées : la première donnait simplement des indications qualitatives; la seconde, la méthode spectrographique, servait à étudier l'effet de l'ammoniaque sur la sensibilité de la plaque pour chaque longueur d'onde; la troisième, la méthode de Hurter et Driffield, donnait la valeur absolue de la rapidité de la plaque.

M. Burka a constaté qu'en trempant des plaques panchromatiques commerciales dans une solution contenant 25 cm³ d'alcool éthylique, 75 cm³ d'eau et 3 cm³ de NH^3 à 20 %, pendant 4 minutes à 18° C. et séchant rapidement, la rapidité d'impression à la lumière blanche est augmentée de 100 % dans presque tous les cas, et la sensibilité à la lumière rouge s'étend sur 100 unités Angstrom de plus; la vitesse d'impression dans le rouge augmente dans quelques cas de 400 %.

En trempant les plaques dans un bain ne contenant pas d'alcool (100 cm³ d'eau et 3,5 cm³ de NH^3 à 20 %), on accroît encore davantage la rapidité, mais les plaques doivent être employées immédiatement après séchage.

La sensibilité des plaques ordinaires ne varie pas d'une façon appréciable par ce traitement, non plus que celle de la plupart des plaques orthochromatiques; toutefois les plaques trichromatiques Cramer se comportent à peu près comme les plaques panchromatiques.

1. *Journ. of the Franklin Inst.*, t. CLXXXIX, n° 1, p. 25-46; janv. 1920.

§ 4. — Chimie appliquée

Les propriétés tinctoriales de quelques pigments anthocyaniques et de leurs dérivés. — Les pigments qui donnent à la plupart des fleurs leurs colorations si attrayantes peuvent-ils être employés en teinture? Telle est la question que se sont posée MM. A. E. Everest et A. J. Hall et à laquelle leurs recherches leur permettent de donner la réponse suivante[1] :

Les pigments anthocyaniques donnent de magnifiques colorations solides à la lumière, mais peu au lavage et très sensibles aux acides et aux alcalis. Les anthocyanines[2] (glucosides), d'une part, et leurs produits d'hydrolyse, les anthocyanidines, d'autre part, teignent en couleurs franches le coton mordancé au tanin, dans un bain très légèrement acide; sur la laine mordancée avec un oxyde métallique, les anthocyanines n'ont presque aucun pouvoir colorant, tandis que les anthocyanidines teignent bien. Il semble donc que l'affinité pour le mordant au tanin est due au noyau pyranique contenant de l'oxygène basique, et que l'affinité pour les mordants métalliques est due aux hydroxyles phénoliques du noyau du catéchol, qui sont masqués par les résidus sucrés dans les glucosides. Des expériences faites sur le chlorure de violanine ont montré que, dans le passage de la forme colorée à la pseudo-base incolore, les propriétés tinctoriales disparaissent complètement.

MM. Everest et Hall ont fait, d'autre part, la synthèse d'un certain nombre de composés, parmi lesquels le chlorure de 2-phénylbenzopyronium, la substance-mère des anthocyanines; ils ont obtenu avec cette substance des teintures franches de couleur jaune paille sur mordant au tanin dans un bain rendu presque neutre par un alcali ou l'acétate de soude. Comme les composés naturels des séries anthocyaniques, cette substance tend également à se transformer en une pseudo-base incolore en solution aqueuse diluée.

Quand on opère avec des pigments purs, les auteurs recommandent de préparer le bain de teinture en dissolvant 2,5 mgr. de pigment dans un mélange de 10 cm³ d'alcool et 40 cm³ d'eau et acidifiant la solution par 5 gouttes d'acide sulfurique à 10 %. Dans ce bain, on peut teindre 1 gr. de laine où de coton mordancé à 25°-30° C. Quand on extrait la matière colorante des pétales des fleurs, des fruits ou de la peau des fruits, on peut soit opérer de la même façon, soit extraire la substance avec de l'alcool contenant l'acide et verser la solution dans de l'eau pour constituer le bain.

§ 5. — Zootechnique

L'hérédité de la production du lait chez les vaches laitières. — En 1911, un éleveur américain, M. T. J. Bowlker, entreprenait dans sa ferme de Framingham (Mass.) une étude expérimentale de l'hérédité chez les vaches laitières par la méthode moderne du croisement des races pures et de l'observation de la recombinaison, chez les produits de seconde génération du croisement, des caractères qui différencient les races croisées.

Les races choisies pour cette étude furent la race Holstein-Frise, renommée pour la quantité de lait produit, et la race de Guernesey, supérieure au point de vue de la qualité du lait. M. Bowlker estimait que, si la quantité et la qualité du lait sont des caractères qui s'héritent indépendamment, il devait être possible de les combiner dans une seule race par la méthode du croisement, d'accord avec la loi de Mendel. Ce résultat,

1. *Journ. Soc. Dyers and Color.*, t. XXXV, pp. 275-279; 1919.

2. Sur la nature de ces composés, consultez l'article de J. Beauverie : L'état actuel de la question de l'anthocyane. dans la *Revue gén. des Sciences* des 30 oct. et 15 nov. 1918,

il est à peine besoin de le dire, serait d'un intérêt capital pour l'industrie laitière.

M. Bowlker entreprit ses expériences sur une échelle considérable. Il possédait un troupeau de 40 vaches de race pure, dont deux tiers de Holstein et le reste de Guernesey, et un taureau de chaque race, tous possesseurs d'un excellent pedigree. Tout le troupeau fut croisé, et entre 1912 et 1919, on obtint environ 140 veaux de première génération F_1. Dès que les génisses F_1 eurent atteint l'âge convenable, elles furent fécondées par des taureaux F_1 pour obtenir la seconde génération F_2 désirée. Environ 35 veaux F_2 ont été ainsi obtenus; mais les génisses sont encore trop jeunes pour fournir du lait.

M. Bowlker ne put voir la fin de ses expériences, car il mourut en février 1917; mais sa famille a légué tous les animaux à l'Université de l'Illinois, qui va en poursuivre l'étude. Bien que celle-ci ne soit pas terminée, M. W. E. Castle a jugé intéressant de faire connaître les résultats déjà acquis [1].

Les produits F_1 et F_2 se sont tous montrés vigoureux et se sont très bien développés. On a soigneusement déterminé le poids de lait donné par les vaches de race pure et les vaches F_1, ainsi que la quantité de beurre qu'il renferme; les données se rapportent à des âges et à des périodes de lactation comparables. Voici un aperçu de ces mesures :

25 vaches de Holstein pures, ayant mis bas leur premier veau à un âge moyen de 2,8 ans, ont donné dans leur première période de lactation une moyenne de 7.673 livres de lait, contenant 3,4 % de graisse. 8 vaches de Guernesey, ayant mis bas à un âge moyen de 2,7 ans, ont fourni dans leur première période de lactation 4.617 livres de lait contenant 5 % de graisse. 31 vaches F_1, ayant mis bas à l'âge moyen de 2,6 ans, ont produit en moyenne 6.612 livres de lait, contenant 4,08 % de graisse. Au point de vue de la quantité, la production des vaches F_1 dépasse la moyenne arithmétique des productions des deux races pures; au point de vue de la qualité, la teneur en graisse du lait des vaches F_1 est, au contraire, un peu inférieure à la moyenne des teneurs des laits des races pures. Mais, dans l'ensemble, la production de beurre est supérieure pour les vaches croisées de première génération (270,2 livres contre 261 et 231 respectivement).

Cet avantage est encore plus marqué pendant la seconde période de lactation. 20 vaches de Holstein pures, ayant vêlé pour la deuxième fois à l'âge moyen de 4 ans, ont produit en moyenne 9.475 livres de lait dans cette seconde période, tandis que 8 vaches de Guernesey, ayant mis bas leur second veau à l'âge moyen de 3,8 ans, ont fourni en moyenne 5.593 livres de lait. 13 vaches F_1, ayant vêlé pour la deuxième fois à l'âge de 3,9 ans, ont donné en moyenne 8.663 livres de lait pendant la seconde période de lactation. Ce dernier chiffre est fortement supérieur à la moyenne des deux autres; les vaches F_1 se rapprochent donc beaucoup de la race de Holstein pure au point de vue de la quantité de la production. Et comme la proportion de graisse de beurre ne varie pas sensiblement dans le lait des vaches avec l'âge, on obtient une production totale de 363 livres de graisse pour les vaches F_1, contre 322 pour les vaches de Holstein et 280 pour les vaches de Guernesey.

Si la quantité de la production et la qualité du lait sont conditionnées par des facteurs génétiques indépendants, on peut attendre, de leur recombinaison dans la seconde génération F_2, des animaux qui seront de forts producteurs d'un lait riche en graisse, et ces animaux seront capables de transmettre à leurs descendants cette combinaison désirable de caractères. Ce résultat réaliserait les espérances de M. Bowlker et ouvrirait de grandes possibilités à l'amélioration systématique des animaux laitiers. Les expériences poursuivies à l'Université de l'Illinois nous renseigneront à ce sujet dans un avenir prochain.

1. *Proc. of the Nat. Acad. of Sc. of the U. S. of America*, t. V, n° 10, p. 430; oct. 1919.

§ 6. — Physiologie

Les propriétés antiscorbutiques des plantes potagères et l'effet du chauffage et de la cuisson. — L'industrie du séchage des plantes potagères prenant de plus en plus d'extension, il est très important de s'assurer de l'effet que ce traitement peut avoir sur la valeur hygiénique des aliments ainsi traités. MM. M. H. Givens et B. Cohen viennent d'étudier cette question sur le chou, au Laboratoire de Chimie physiologique de l'Université de Yale, en déterminant si le séchage à basse température (38°-52° C.), à haute température (65°-78° C.), ou la cuisson suivie du séchage à haute température détruisent les propriétés antiscorbutiques bien connues de ce légume [1]. De plus, ils ont étudié la valeur au point de vue hygiénique des pommes de terre cuites, puis séchées à une température élevée (65°-70° C.). Les expériences ont été effectuées sur des cobayes.

Les savants américains ont constaté qu'une légère addition journalière de chou *cru* à un régime produisant le scorbut prévient l'apparition de cette maladie. Le chou séché dans un courant d'air à 40°-52° C. conserva un peu de son effet antiscorbutique, en ce qu'il retarda considérablement les symptômes de la maladie et prolongea ainsi la vie. De plus, il pourrait servir d'agent diétético-thérapeutique si l'on savait reconnaître à temps les premiers symptômes du scorbut. Les résultats de leurs expériences amènent les auteurs à penser que le chou séché à basse température prévient le scorbut et commence la guérison des symptômes de la maladie lorsqu'il est administré (aux cobayes) à raison de 1 gr. par jour.

Le chou chauffé à l'étuve pendant 2 heures à 75°-80° C., puis séché à 65°-70° C. pendant plusieurs jours, perd ses propriétés antiscorbutiques. Le chou cuit pendant 30 minutes, puis soumis pendant 2 jours à un séchage à 65°-70° C., n'a également plus aucune activité contre le scorbut.

Il en est de même des pommes de terre cuites, puis séchées pendant 2 jours à 65°-70° C.

Les expériences de MM. Givens et Cohen confirment, d'autre part, les résultats de Cohen et Mendel, d'après lesquels la propriété antiscorbutique n'est pas due à ce que l'on appelle les « facteurs essentiels du régime », solubles l'un dans l'eau, l'autre dans les substances grasses.

Collapsus circulatoire et transfusion. — A la suite d'une blessure de guerre, on a observé un collapsus circulatoire, qui peut être considérable et qui constitue alors un indice de fâcheux pronostic, collapsus qui est un des éléments de ce shock dont les chirurgiens, les médecins et les biologistes se sont efforcés, en ces dernières années, de faire l'étude scientifique, de déterminer la ou les causes immédiates, de distinguer les variétés, sans y réussir pleinement, il faut bien le reconnaître.

L'insomnie, la faim, l'extrême fatigue, l'exposition prolongée au froid, qu'on avait tour à tour considérées comme causes de ce collapsus, n'en sont en vérité que les conditions favorisantes; les véritables causes étant soit l'hémorragie consécutive à la blessure, soit l'infection qui se développe dans les régions atteintes par le projectile, soit une action traumatique essentielle, indépendante de l'infection et de l'hémorragie.

MM. Edgard Zunz et Paul Govaerts, dans une étude expérimentale fort bien ordonnée et rigoureusement conduite, se sont appliqués à rechercher des moyens

1. *The Journ. of Biolog. Chemistry*, t. XXXVI, n° 1, pp. 127-145.

simples, utilisables par le clinicien, permettant de différencier ces divers états de collapsus, et à étudier les effets thérapeutiques de la transfusion sanguine pratiquée dans ces trois cas particuliers[1].

Leurs expériences ont été faites sur le chien sans doute, et peut être conviendra-t-il d'en vérifier rigoureusement les résultats en ce qui concerne l'homme, avant de les utiliser de confiance en thérapeutique humaine; mais tout au moins ces résultats représentent-ils des faits positifs qui peuvent utilement servir de point de départ pour les vérifications et généralisations.

Le collapsus circulatoire post-hémorragique a été réalisé chez le chien par une saignée artérielle de $^{4}/_{10}$ à $^{6}/_{10}$ de la masse du sang : il se caractérise par une pression artérielle inférieure à 50 mm. de mercure, par la diminution de la proportion d'hémoglobine et de globules rouges, par l'abaissement de la viscosité du sang; — après une période de pression veineuse faible, s'installe un déséquilibre circulatoire remarquable : pression artérielle basse, pression veineuse élevée.

Les effets de la transfusion sont très favorables, surtout si la transfusion est lente : la pression artérielle revient à son niveau initial, même si le collapsus circulatoire a duré plusieurs heures.

— Le collapsus circulatoire infectieux a été réalisé chez le chien par l'injection intramusculaire de cultures de divers anaérobies, *vibrion septique*, *Bacillus perfringens*, *Bacillus sporogenes* : il se produit une chute progressive de la pression artérielle, qui l'amène en 4 à 6 heures au-dessous de 50 mm. de mercure. On constate une augmentation de la proportion de l'hémoglobine et des globules rouges du sang, et un accroissement de sa viscosité; la pression veineuse est basse. Ce sont là des symptômes qui différencient nettement cet état du précédent.

La transfusion n'a ici qu'un effet transitoire : la pression artérielle, passagèrement relevée, reprend bientôt une allure rapidement descendante.

— Le collapsus circulatoire par traumatisme n'a pu, à la vérité, être réalisé parfaitement pur par les auteurs du travail, qui s'étaient appliqués à l'obtenir par l'arrachement d'un membre inférieur (fracture du fémur, ligature de l'artère fémorale, arrachement par torsion des muscles — toutes opérations qui ne provoquent pas d'hémorragies sérieuses). Mais ils ont produit un collapsus circulatoire en combinant l'arrachement du membre dans les conditions indiquées, et l'hémorragie modérée (15 à 20 % de la masse sanguine totale), incapable de produire à elle seule le collapsus. Dans ce cas, le taux de l'hémoglobine, le nombre des globules rouges, la viscosité du sang ne subissent pas de modifications appréciables.

La transfusion n'exerce pas ici d'action aussi favorable que dans le cas des collapsus par hémorragie abondante.

MM. Zunz et Govaerts ont apporté dans leur travail des faits fort intéressants et sans doute fort utiles à connaître. Grâce à eux il sera possible, en l'absence de renseignements suffisants, de connaître la vraie cause du collapsus, et par suite de décider s'il y a lieu ou non de pratiquer une transfusion sanguine.

§ 7. — Géographie économique

Le canal de Suez pendant la guerre. — L'abandon de l'Asie par les marines européennes au profit de l'Amérique du Nord apparaît nettement dans l'étude du trafic par le canal de Suez. Les statistiques accusent, à partir de 1914, une diminution remarquable du tonnage, comme en témoigne le tableau suivant :

Années.	Nombre de navires	Tonnage net (milliers de tonnes)	Nombre de passagers	Tonnage net moyen des navires (t.)
1913	5.085	20.034	282.235	3.940
1914	4.802	19.409	391.772[1]	4.042
1915	3.708	15.266	210.530	4.117
1916	3.110	12.325	283.030	3.963
1917	2.353	8.368	142.313	3.557
1918	2.522	9.251	105.914	3.668

La cause principale de cette déchéance de la route de Suez est évidemment dans le renversement du trafic européen que la guerre a orienté presque complètement vers l'Amérique; le canal est devenu surtout un passage militaire; il a même été une ligne stratégique et il s'est trouvé un moment, en 1915 et 1916, faire partie du front de bataille, défendu par un corps d'armée anglo-indien. Il a souffert aussi de la diminution du tonnage mondial, de la disparition des pavillons allemand, autrichien et ottoman — qui représentaient en 1913 plus du cinquième du tonnage total (21,16 %), — de la suppression du pèlerinage de la Mecque, qui lui avait amené 22.000 passagers en 1913. Fréquenté d'abord, au début de la guerre, par des unités de fort tonnage, comme en témoignent les statistiques de 1914 et de 1915, il a vu passer ensuite des bateaux plus petits, employés pour utiliser toutes les unités disponibles et moins vulnérables aux sous-marins. D'autre part, des changements se sont produits, qui n'étaient pas déterminés par des considérations commerciales, mais imposés par des règles impératives, dominées par des raisons de sécurité : le débouché du canal dans la Méditerranée était devenu une des principales zones d'attaque des sous-marins, où les Puissances centrales entendaient prohiber toute sorte de navigation. De telle sorte que se sont détournés vers la route du Cap les navires chargés de produits chers et certains navires postaux se rendant en Australie, puis ceux qui devaient dépasser Singapour, plus tard ceux se dirigeant sur la Birmanie et la côte orientale de l'Inde, et même sur Bombay; la plupart des navires hollandais, portant de riches cargaisons de produits coloniaux, entre les Indes néerlandaises et la métropole, suivaient également cette route ou empruntaient même celle de Panama, augmentant leur parcours de plus de la moitié. La route du Cap attirait encore pour une autre raison : la possibilité de charbonner à bon compte à Port-Natal, où, en 1918, la houille coûtait 12 shellings la tonne, ce qui lui permettait, malgré un fret de 80 shellings, de venir concurrencer victorieusement à Buenos-Ayres les charbons anglais et américains.

Cette énorme réduction du tonnage, jointe à l'augmentation des frais d'exploitation et d'entretien, a lourdement obéré la situation financière de la Compagnie du canal. De 1913 à 1918, le prix moyen de la tonne de houille, rendue à Port-Saïd, s'est élevé de 37 fr. 50 à 314 francs. Les recettes, étant prélevées en francs, se sont trouvées encore réduites du fait de la dépréciation de nos changes, et la Cie a dû augmenter successivement les droits de transit qui ont passé de 6 fr. 25 avant guerre — la dernière réduction avait eu lieu au 1er janvier 1913 — à 8 fr. 50 par tonne-poids de chargement, à partir du 1er juillet 1917, en même temps qu'était supprimé le tarif spécial dont bénéficiaient les navires sur lest depuis 1884, soit une réduction de 2 fr. 50 par tonne[2].

Pierre Clerget.

1. *Bulletin de l'Acad. roy. de Médecine de Belgique*, 1919 : Recherches expérimentales sur les effets de la transfusion dans les divers états de collapsus circulatoire.

1. Ce nombre renferme 228.720 militaires, qui ont fourni pendant la guerre le plus gros effectif des passagers.

2. La taxe maximum autorisée par le Cahier des Charges est de 10 francs, mais elle a débuté avec une surtaxe de 3 fr. La taxe de pilotage a été supprimée en 1884. La réduction de 2 fr. 50 concernant les navires sur lest sera de nouveau rétablie à dater du 1er mars 1920.

LA HOUILLE, SES SUCCÉDANÉS ET SES ADJUVANTS

La France manque de houille[1]. Le fait se révèle actuellement à nous dans sa douloureuse réalité; il faut absolument et d'urgence que nous tirions de notre sol ce que nous saurons y trouver et que nous y découvrions et exploitions de nouveaux gisements, s'il en existe; on s'ingéniera ensuite à remplacer la houille noire par d'autres combustibles de chez nous, ou par autre chose d'équivalent, surtout par des houilles d'autre couleur. Ce sont trois moyens de suppléer dès maintenant à la disette dont nous souffrons tous, particuliers dans nos habitations et industriels dans nos usines. Ces considérations feront l'objet de la triple étude dont se compose ce travail.

***

Nous occupons un rang modeste dans le monde, au point de vue de la production charbonnière : le Congrès géologique tenu en 1913 à Toronto, dans le Canada, estimait nos réserves à 17 milliards de tonnes, contre 189 à l'Angleterre et 423 à l'Allemagne. Notre extraction annuelle était d'environ 41 millions de tonnes, alors que les Anglais en produisaient 230 et les Allemands 192, auxquelles ils joignaient 89 millions de tonnes de lignite. Or, nos mines du Nord et du Pas-de-Calais fournissaient les deux tiers de notre production : systématiquement ravagées par l'ennemi, elles ne rendront pas leur plein avant cinq ou six ans, si ce n'est plus. Ne serait-il point possible de récupérer par nos autres mines de France le déficit résultant de cette odieuse destruction, opérée dans le pays occupé? C'est la première question que nous devons nous poser.

Rendons-nous compte des ressources dont nous disposons en dehors de nos départements septentrionaux.

Nous avons quatre bassins, plus ou moins compacts, dits de l'Est, du Centre, du Midi et de l'Ouest.

Bassin de l'Est. — La mine de Ronchamp, dans la Haute-Saône, constitue un gisement isolé, qui donne un charbon de bonne qualité, riche en matières volatiles, qu'il faut chercher à une assez grande profondeur, sous une double superposition de grès rouges et bigarrés des Vosges. Plus au Sud, dans la région des Alpes, dans l'Isère, à la Mure, au bourg d'Oisans, et en beaucoup d'autres endroits aux noms peu connus, on extrait des houilles maigres et anthraciteuses, souvent pierreuses et très cendreuses, d'un allumage difficile, d'un emploi ingrat, qui présentent l'inconvénient de décrépiter au feu; il y a avantage à façonner leurs menus en boulets. Certaines variétés conviennent bien aux gazogènes. La guerre a appris à utiliser ces produits, trop méprisés jusqu'alors. La Maurienne, la Tarentaise et le Briançonnais produisent des qualités analogues.

Bassin du Centre. — Dans le département de Saône-et-Loire, les houillères du Creusot, de Blanzy, de Decize, de Montchanin, de Longpendu, d'Epinac, de la Chapelle-sous-Dun, de Montceau-les-Mines et de Berain, etc., nous offrent toute la gamme des charbons de terre, depuis l'anthracite jusqu'aux demi-gras, aux gras et aux produits les plus flambants; dans la Loire, à Saint-Etienne, Rive-de-Gier, Saint-Chamond, Montrambert, Firminy, etc., on extrait aussi des combustibles riches en matières volatiles, mi-gras à courte flamme et gras à longue flamme; il en est de même dans la Haute-Loire, où les exploitations de la Taupe, de Marsange, donnent de bonnes qualités pour coke. Le Beaujolais, le Roannais et l'Auvergne sont plutôt des régions à anthracites. Par contre, la Compagnie de Commentry tire de ses concessions des gras propres à la forge et à la fabrication du gaz; on extrait aussi des houilles de valeur, dans l'Allier à Bourbon-Saint-Hilaire, dans le Puy-de-Dôme à Brassac, à Mermeix et à la Bouble, dans le Cantal à Champagnac, dans l'Aveyron à Aubin et Decazeville, dans le Tarn à Carmaux et Albi. La plupart de ces gîtes présentent une certaine importance qu'il est inutile de faire ressortir, car elle est bien connue.

Bassin du Midi. — Il comprend les houillères du Gard (Bessèges, la Grand'Combe, Cessous, Alais, etc.), dont les gras sont estimés; à Graissesac (Hérault), Prades (Ardèche), nous retrouvons une prédominance de maigres et d'anthraciteux. En Provence, la caractéristique est surtout ligniteuse.

Bassin de l'Ouest. — La Sarthe, la Mayenne, les régions de la Basse-Loire exploitent des couches maigres, cendreuses, dont la teneur en matières volatiles augmente, plus on avance vers la mer; nommons Mouzeil, Maupertuis, Montrelais, les Touches. Les mines de Vendée, à Vouvant et Faymoreau, donnent aussi un charbon

1. Voir mon précédent article : « La crise du combustible », dans la *Revue gén. des Sciences* du 30 janvier 1920, p. 37.

riche en matières volatiles, malheureusement cendreux. Il y a des espérances sérieuses de charbon dans la Manche.

En somme, ces divers charbonnages fournissent annuellement au pays 13 millions de tonnes de combustibles de toute nature, de propriétés assurément fort différentes, mais dont la qualité est en général supérieure à leur réputation : nos compatriotes d'en dessous de la Loire regardent trop vers le Nord et le Pas-de-Calais, et ne s'occupent point assez de ce qui se trouve sous leurs pieds. Il serait intéressant de connaître les quantités de chaque espèce sorties de nos nombreux bassins de second ordre, mais cette donnée statistique nous manque et c'est regrettable à tous égards. Quoi qu'il en soit, et quelle que soit la proportion de maigres et d'anthraciteux dans notre production nationale, nous sommes convaincus que notamment nos charbons du Sud-Est et de l'Ouest pourraient être mieux et plus largement utilisés qu'ils ne le sont, et nous rappellerons ce qu'écrivait autrefois un de nos professeurs de l'Ecole Centrale, Amédée Burat : « L'industrie moderne, n'eût-elle eu à sa disposition que des anthracites, aurait pu se développer et arriver aux résultats obtenus aujourd'hui : l'Amérique du Nord en a donné la preuve, en créant et en développant sa métallurgie du fer, la plus difficile de toutes, avec les anthracites de Pensylvanie [1]. » Il est vrai que les anthracites américaines décrépitent moins que les nôtres, et qu'elles donnent moins de cendres ; l'opinion favorable de Burat était néanmoins à signaler et je la crois bonne à retenir. Elle témoigne de l'intérêt que nous aurions à intensifier l'extraction dans tous nos bassins, même dans ceux qui sont le moins qualifiés. Si nos mineurs consentaient à imiter leurs camarades belges du Borinage et du pays de Charleroi, qui ont consenti à faire *pour nous*, après les 8 heures légales (en France on n'en fait réellement pas même 7), deux heures supplémentaires, la crise dont nous souffrons tant pourrait être dès maintenant atténuée.

D'autre part, le développement des moyens d'extraction, lequel ne peut être réalisé immédiatement, mais auquel on devrait aviser d'urgence, assurerait notre avenir dans une certaine mesure et nous rendrait moins tributaires de l'étranger. Nous n'avons pas fait dans le passé ce que nous aurions pu et dû faire, et ce qu'ont fait d'autres, plus entreprenants que nous; au cours des soixante dernières années, notre production avait à peine quadruplé, alors que celle de l'Allemagne décuplait. L'initiative privée n'est pas seule responsable de notre infériorité, car, loin de favoriser les recherches, on les décourageait en n'accordant pas certaines concessions sollicitées. Dans un pays comme le nôtre, le sol a été tellement étudié qu'on ne peut espérer découvrir un bassin nouveau, mais il en est dont toute l'épaisseur, ni toute l'étendue n'ont pas encore été suffisamment explorées : on ne connaît un gisement que lorsqu'on est arrivé aux formations inférieures au terrain houiller et qu'on a recoupé ce que les mineurs ont appelé si expressivement le « rocher d'adieu ». La recherche des couches sous les morts-terrains superposés a maintes fois été fructueuse. C'est vers les années 45 à 50 qu'un hasard heureux, préparé par de solides études, fit retrouver au delà de Douai des veines du bassin du Nord, qu'une inflexion avait fait perdre, et donna à la France le riche bassin du Pas-de-Calais. Les couches du bassin de la Sarre se prolongent au-dessous des grès vosgiens de la Moselle, sous un angle de 30 à 40°; des recherches exécutées vers 1846 à Stiring, à Petite-Rosselle, et vers Saint-Avold et l'Hôpital permirent de recouper les couches de Geislautern et de Gerswiller, et donnèrent naissance à nos houillères de Stiring, de Carling et de la Houve, dans le département de la Moselle, dont la guerre de 1870 nous avait dépouillés et que la victoire vient de nous restituer [1]. Les limites du bassin ne sont pas encore définies, et les sondages des environs de Pont-à-Mousson permettent d'espérer quelques résultats. Une faille, venue de Petite-Rosselle, a provoqué un rejet que l'on connaît aujourd'hui. Une judicieuse observation faite par mon distingué collègue des Facultés Catholiques de Lille, M. le chanoine Bourgeat, porte à croire qu'il s'est formé du charbon dans le massif de la Serre, qui s'élève au Nord-Est de Dôle-du-Jura et jalonne un pli souterrain de Ronchamp au Creusot. Les zones du Creusot et de Blanzy appartiennent à un même bassin, dont la jonction est à chercher sous les grès qui le recouvrent. A l'est et au sud-est de Lyon, des sondages ont retrouvé, sur la rive gauche du Rhône, le prolongement du bassin houiller de la Loire. Dans le Gard, on est justifié à croire que de belles réserves sont enfouies sous les terrains secondaires. En Savoie, une bande de 160 kilomètres de longueur sur 7 de largeur produit un affleurement de près de 100.000 hectares, duquel le professeur Kilian, de Grenoble, a dit que ce champ « peut être considéré comme équivalent en surface à tous les bassins houillers

1. Amédée Burat : *Minéralogie appliquée* (Librairie polytechnique, Paris et Liége, 1864), page 147.

1. Voir mon article de la *Technique Moderne* (mai 1919), intitulé : *Les Ressources industrielles de l'Alsace-Lorraine.*

français actuellement exploités » ; il n'a d'autre défaut que d'être situé à une altitude de 600 à 2.000 mètres et de présenter une allure désordonnée, qui rend son exploitation difficile. En somme, la France paraît recéler dans son sous-sol plus de charbon qu'on ne l'a cru jusqu'ici : une prospection rigoureuse s'impose et il nous faudrait un esprit d'initiative et de détermination, qui nous a peut-être manqué dans le passé. Le moment est venu d'en faire preuve.

Mais il s'agit surtout, pour le moment, d'utiliser nos ressources actuelles et d'en tirer parti ; la guerre nous a aiguillés sur une voie qui peut nous conduire assez loin, en nous amenant à employer des charbons dédaignés dans le passé : tels sont notamment ceux de la région alpine. On réussira, en pratiquant un meilleur triage sur le carreau des mines, en pratiquant d'habiles mélanges pour aider les maigres à s'enflammer, en agrandissant la surface des grilles, en substituant au tirage naturel d'actives soufflleries par ventilateur, en installant des grilles mécaniques, appropriées à la nature des combustibles, en faisant surtout l'éducation des chauffeurs : on a obtenu de la sorte dans les usines des environs de Lyon, de Grenoble et de Marseille des résultats inattendus, qui devraient être publiés et commentés pour provoquer partout des tentatives analogues. Ce rôle appartiendrait à l'Administration des Mines, aux Sociétés Industrielles et aux Associations de propriétaires d'appareils à vapeur.

***

Nous disposons aussi en France de succédanés de la houille, auxquels nous devrons largement recourir dans notre détresse ; *benesuada fames*. La faim devient bonne conseillère.

Nous ne parlerons du bois que pour mémoire.

Le bois a été le premier des combustibles employés, le seul employé pendant de longs siècles. Mais il n'entre plus guère en ligne de compte dans notre pays déboisé, qui voit disparaître ses dernières forêts et suffit à peine à l'industrie insatiable du papier : un grand quotidien nous prive chaque année d'une forêt. Un stère de bois, soit 450 kgr., est le produit de 1.600 mètres carrés de terrain : soit 2.875 kgr. par hectare.

M. Métivier estime à 8.500.000 tonnes de bois la consommation française annuelle : leur combustion fournit à peine le vingtième des calories engendrées dans nos foyers.

La tourbe et le lignite mettent encore moins de calorique à notre service, mais ces produits pourraient nous en donner beaucoup plus, ainsi que je vais le démontrer.

La tourbe a été trop négligée en France : la surface totale de nos tourbières atteint 38.000 hectares, répartis dans 22 départements, parmi lesquels la Loire-Inférieure, la Somme, le Finistère, les Basses-Alpes, le Pas-de-Calais, l'Oise, l'Aisne et la Manche tiennent le premier rang : or, nous n'en avons utilisé, en 1913, que 60.000 tonnes.

Nous devons prendre exemple sur la Russie, la Suède, le Danemark, la Hollande, et surtout l'Allemagne. Il est vrai que la Russie possède 46 millions d'hectares, la Suède et la Norvège 8 millions et l'Allemagne 25 millions et que ces pays sont par conséquent plus intéressés que nous à tirer parti de ce combustible inférieur, mais le moment est venu de faire feu de tout ce qui peut brûler.

Ce n'est qu'un combustible inférieur ; en effet, une tourbe de qualité ordinaire renferme 10 % de cendres et 25 % d'eau, après qu'elle a séché à l'air, et son pouvoir moyen est voisin de 3.500 calories : il faut donc deux tonnes de tourbe pour produire le même effet qu'une tonne de houille, et que 1.200 kgr. de bois. Toutefois les tourbes de la Somme et d'autres encore possèdent une valeur calorifique plus élevée. Etant donné que notre sol recèle un milliard de mètres cubes de tourbe, nous pourrions trouver dans cette importante provision un secours immédiat à notre détresse, et la puissance de ces réserves est suffisante pour donner lieu à de grandes installations de traitement.

Il est rare, en effet, que la tourbe puisse être utilisée telle quelle comme combustible ; il faut la sécher, quelquefois la malaxer, puis la comprimer et la façonner en briquettes ou en bûches cylindriques. En Suède, on fabrique couramment un poussier de tourbe, dont on évaluait la valeur à 11 francs la tonne, et qui présentait l'avantage d'éviter les frais de moulage [1].

La tourbe n'est plus guère employée au chauffage domestique, mais elle est devenue un combustible industriel, dont on aurait tort de méconnaître les avantages. Elle brûle très bien sur des grilles à échelons, inclinées à 36° sur l'horizontale, auxquelles on peut adjoindre des chargeurs Godillot, avec transporteur hélicoïdal à augets de volume croissant, évitant tout engorgement. A la Poudrerie nationale de Pont-de-Buis (Finistère), on a obtenu des résultats satisfaisants sur une grille Babcock et Wilcox, à chargement et décrassage automatique, avec soufflage par ventilateur : signalons comme particularité très intéressante de cette application

1. Cf. COLOMER et LORDIER : Combustibles industriels (Paris, Dunod et Pinat, 1919), page 301 et suiv.

qu'elle a permis de brûler les produits d'une tourbière drainée, renfermant 40 % d'eau, qu'on n'avait pas eu à sécher autrement. Les Chemins de fer de l'Etat suédois ont créé une locomotive à poussier de tourbe, dont le foyer est caractérisé par un compartimentage en matières réfractaires ; on est obligé d'entretenir un feu de houille pour la mise de feu du combustible pulvérulent, et malgré cela le rendement est resté avantageux : les Chemins fédéraux suisses vont adopter le système.

Mais il semble que le gazogène soit le meilleur appareil d'emploi de la tourbe, car il se prête à l'utilisation de tous ses éléments thermiques et chimiques et donne lieu à une récupération largement rémunératrice. Par distillation, on obtient généralement par tonne 400 m³ de gaz, 65 kg. de goudron, dont on extrait de la benzine, des huiles de graissage et d'éclairage, de l'acide phénique, de la créosote, de la paraffine, etc., et 400 kg. de coke, sans compter des produits ammoniacaux, dont on fait 80 kg. de sulfate d'ammoniaque. Malheureusement, la captation des goudrons offre certaines difficultés, et Lencauchez qualifiait ces produits du nom pittoresque de « goudrons vésiculaires vagabonds ». Par gazéification, on fabrique un gaz à l'eau qui n'exclut pas la récupération, dans les appareils Mond, Riché, Chavanne, Pegg, Kœrting et autres : le gaz renferme environ 10 d'hydrogène, 18 d'oxyde de carbone et 2 de méthane.

On a enfin essayé ce qu'on a appelé l'électrification des tourbières, c'est-à-dire l'installation dans leur voisinage de centrales électriques ; en appliquant l'électricité à l'exploitation du gisement, on rendrait à l'agriculture en peu d'années un sol couvert de marécages et l'on assainirait les régions environnantes. Mais ce sont là des projets dont la réalisation n'est pas prochaine.

Rappelons, pour finir, que la Chambre invitait, dans sa séance du 11 juin 1917, le Gouvernement à organiser d'urgence par tous les moyens possibles, au besoin par réquisition, et à mettre en exploitation les tourbières de France : une Commission fut nommée sur l'heure, formée de 4 sénateurs, 8 députés et 6 délégués de l'Administration. La Commission a dû siéger et agir : je ne sais ce qu'elle a effectivement réalisé.

La France a extrait, en 1913, 793.000 tonnes de lignite, d'un pouvoir calorifique supérieur variant de 3.500 à 5.500 calories. En 1908, l'Allemagne en produisait 68 millions et, en 1915, près de 89 millions. Son exemple aurait dû être suivi par nous, et nous eussions été bien inspirés. Nos réserves sont estimées en effet à 2 milliards de tonnes, celles de notre ennemi à 8 milliards ; il avait donc 4 fois plus de disponibilités que nous, mais son extraction était le centuple de la nôtre ! La fabrication des briquettes est devenue une source de richesse pour la province rhénane [1]. Le lignite pouvait faire la fortune de plusieurs de nos régions, déshéritées d'ailleurs, et nous disposerions aujourd'hui de quelques millions de tonnes de combustible, qui nous viendraient bien à point.

Vingt-cinq de nos départements possèdent des gisements de lignite ; il abonde surtout dans le Sud-Est, dans l'Isère, les Basses-Alpes, les Bouches-du-Rhône, le Gard, l'Aveyron, l'Ariège, le Vaucluse, etc. L'Alsace en fournit dans le Bas-Rhin, aux environs de Pechelbronn, localité connue par son pétrole, mais il s'y présente sous une forme bitumineuse, d'un pouvoir calorifique très élevé, d'une utilisation difficile dans les foyers ; celui des Landes et de l'Aisne est de même nature.

Les lignites des Bouches-du-Rhône, à Fuveau, de l'Isère, à la Tour-du-Pin, du Gard, à Saint-Paulet, de Vaucluse, à Méthamis, et d'autres encore, notamment de l'Aveyron, à Milhau, sont de bons combustibles pour les foyers domestiques (malgré leur odeur souvent peu agréable), les chaudières et les gazogènes. Ils ont souvent besoin de passer au séchoir, car ils peuvent renfermer jusqu'à 45 % d'eau, mais il en est qui s'emploient sans préparation, comme du charbon maigre, à côté duquel ils sont placés dans la classification de Grüner. Leur teneur en matières volatiles dépasse quelquefois 42 %. La quantité de cendre varie beaucoup.

On agglomère les lignites, par une pression à froid de 1.000 à 1.200 kg. par cm², sans addition d'agglomérant ; en Amérique, on les soumet à une demi-distillation, avec récupération des sous-produits, et l'on façonne ce qui reste en boulets ovoïdes ; on les distille, pour en faire du coke (40 %) et du goudron (12 %) ; on les gazéifie par gazogène, le gaz étant employé en moteurs ou brûlé en foyers spéciaux. Les Allemands, desquels nous avons tant à apprendre en fait de traitement des lignites, réunissent ordinairement dans un même établissement les appareils d'agglomération, de distillation et de gazéification, et

1. L'Allemagne possède deux variétés de lignite, appelées *Schwartzkohle* et *Braunkohle*, d'après leur couleur ; elle en a méconnu la valeur jusque vers 1880, époque à laquelle s'est créée et remarquablement développée la fabrication des briquettes comprimées, qui corrige tous les inconvénients de ces produits sans cohésion et de faible pouvoir calorifique. Pour plus de détails sur ce sujet, voir l'article de D. Bellet : L'utilisation du lignite comme combustible, dans la *Rev. gén. des Sc.* du 28 février 1917, p. 118.

ils utilisent les gaz pour leur puissance motrice. Les meilleures briquettes ne se payaient pas plus de 20 marcs, soit 25 francs, en 1913.

Il faut savoir que les sous-produits de la distillation ne valent pas ceux qu'on extrait de la houille et que les goudrons, appartenant surtout à la série grasse, sont généralement difficiles à condenser et à séparer. Lencauchez avait signalé à maintes reprises cette infériorité des lignites.

Une tonne de lignite fournit moyennement 1.900 m³ de gaz à 1.200 calories, et des sous-produits qui ont à peu près la valeur vénale du produit. En installant une centrale à moteurs à gaz auprès d'une mine de lignite, on est arrivé à engendrer le kilowatt-heure au prix de 1 fr. 25 et à gagner beaucoup d'argent ; c'est le cas de la station de Bitterfeld, sur le Rhin ; je me serais reproché de ne pas citer cette remarquable installation, qui a coûté moins cher de premier établissement que bien des centrales hydroélectriques et fournit des résultats dont on pourrait être jaloux dans les Alpes et les Pyrénées.

***

Je ne dirai qu'un mot de l'utilisation des déchets et rebuts de l'industrie, de l'agriculture et des grandes agglomérations, mais ils doivent être mentionnés parmi les ressources combustibles du pays.

Le lavage des charbons, qui a pour but d'améliorer leur qualité, laisse en suspension dans l'eau des poussières souvent impalpables, appelées *schlamms*, qui peuvent encore être brûlées avec profit sur le lieu de leur production, car leur valeur n'est pas suffisante pour tolérer un transport lointain[1]. Les Compagnies houillères les brûlent d'ordinaire sous leurs chaudières après les avoir débarrassées des boues, et les avoir égouttées et séchées : on a inventé à cet effet des turboclasseurs très efficaces. Nos grands charbonnages ont fait preuve d'une louable initiative dans ce genre d'installations et ils ont obtenu des résultats très satisfaisants.

Les ateliers dans lesquels on travaille le bois produisent une grande quantité de sciures, et de copeaux, que l'on peut employer dans les foyers de générateurs de vapeur, en les mêlant de charbons maigres : il suffit de disposer pour cela d'une surface de grille suffisante et il est prudent de diminuer le tirage pour éviter l'entraînement de flammèches incendiaires. Souvent on installe des foyers spéciaux à sciure ; on arrive de la sorte à produire 3 kg. de vapeur par kg. de sciure : la société Balcock et Wilcox s'est fait une spécialité de ce genre de foyers. Il existe aussi des gazogènes qu'on peut alimenter de déchets de bois : tels sont les appareils Riché, dont les marchands de bois de Calais se sont fort bien trouvés. Enfin il nous est venu de Suède un procédé de fabrication de briquettes de sciure, dans lesquelles l'agglutinant est constitué par le goudron provenant des gazogènes : 4 m³ de ces briquettes équivalent à 3 m³ de bon charbon moyen ; elles peuvent être assimilées au lignite. On les emploie dans l'industrie, pour le chauffage des chaudières, et elles conviennent, dans l'économie domestique, au service des foyers d'appartements et des cuisinières.

Le foyer Godillot se prête à l'emploi de la tannée, à sa sortie des fosses : son aménagement donne lieu à une assez forte dépense initiale, qu'on amortit rapidement par l'économie réalisée. En mêlant de la tannée au dixième de son poids de charbon, on arrive à engendrer 15 kg. de vapeur par 10 kg. de mélange.

Ce même foyer permet de brûler les résidus de canne à sucre (les bagasses), les marcs de raisin, les déchets de lin, etc., voire même les ordures ménagères ou gadoues. Celles-ci sont souvent aussi traitées en gazogènes Riché, Pierson, Boutillier et autres. La combustion des gadoues a surtout été pratiquée en Amérique et en Angleterre, où nos administrations municipales auraient beaucoup à apprendre de l'art de se débarrasser des détritus de la vie, pour le plus grand bien des santés et pour le bénéfice des finances de nos cités.

***

Les huiles, et tout particulièrement celles qui dérivent du pétrole, pourraient devenir de puissants adjuvants de la houille. Le Ministère des Travaux Publics et le Conseil Municipal de Paris ont déclaré récemment l'urgence d'un programme d'utilisation de ces produits si riches en calories, d'un emploi si facile, et qui présentent d'autre part au point de vue économique un avantage dont on ne saurait méconnaître l'importance : si l'extraction du charbon est sujette aux conditions édictées par les syndicats et aux exigences de la main-d'œuvre, il n'en est point de même pour les pétroles, que les puits débitent jour et nuit, quelquefois par des sources jaillissantes, et en tout cas sans exiger de grandes manutentions, ni un personnel entièrement spécialisé.

Malheureusement la France n'est pas richement dotée en hydrocarbures : elle l'est néanmoins mieux que le public ne le pense. Et d'abord la réannexion de l'Alsace nous a rendu le gîte de

1. Avant la guerre, sur le Nord, le transport d'une tonne revenait à 2 francs pour 50 kilomètres et à 3 fr. 88 pour 100 kilomètres.

Pechelbronn, dont on pourrait tirer annuellement 75.000 tonnes de produits divers, si l'Administration qui a pris en main cette exploitation achevait les installations projetées et commencées par la *Deutsche Erdöl Gesellschaft*. Il y a, d'autre part, en de nombreux points de notre territoire, des indices pétrolifères, dont il faudrait faire le départ de recherches suivies et bien dirigées. Je ne parlerai pas de l'Hérault, où la source de Gabian fournit depuis plusieurs siècles une huile accaparée par la pharmacie pour la confection de capsules curatives; mais la région d'Auvergne permet les plus grandes espérances, et il y aurait intérêt à exploiter ses sables imprégnés d'huile et ses bitumes de Puy-de-la-Poix, Macholles, Pont du Château, etc. Des prospections méthodiques devraient être organisées dans l'Ardèche, les Basses-Pyrénées, le Gard, la Haute-Loire, l'Isère, la Haute-Savoie, le Jura, dont les asphaltes du Val de Travers sont traitées avec profit depuis longtemps. Dans l'Ain, à Vaux-en-Bugey, un jet de gaz combustible, riche en méthane, s'échappe dans l'air sans que personne ne cherche à le capter : les Américains se gardent bien de laisser perdre ainsi leurs gaz naturels de la Pensylvanie et de l'Ohio, qu'ils distribuent aux villes et aux industries voisines par des conduites qui mesurent jusqu'à 20 kilomètres de développement[1].

Nos colonies pourraient fournir à la mère patrie un riche appoint de combustible liquide. Le département d'Oran, en Algérie, à lui seul, est favorisé de trois zones pétrolifères, dont le débit a été estimé à 250.000 tonnes par an ; les raffineries de Frontignan traitent déjà 2.400 tonnes provenant de trois puits, mais ce n'est qu'un début, et nous commettrions une faute impardonnable de négliger plus longtemps cette ressource nationale. Le Maroc permet de légitimes espérances ; à Madagascar deux sociétés... anglaises poursuivent des recherches; l'Indo-Chine présente des terrains analogues aux champs pétrolifères du Japon, de Bornéo et de Sumatra; attendrons-nous encore que des étrangers viennent les étudier et les exploiter?

Nous possédons aussi en France des gisements de schistes, dont nous ne savons pas tirer parti : nous pourrions en traiter annuellement un million de tonnes, et en extraire par distillation 21.000 tonnes d'huiles, 3.600 d'essence, 33.000 de goudrons, etc.; nous n'en produisons pas le dixième ! Notre Commissaire général des essences, au retour d'une visite en Ecosse, où il avait *admiré* les établissements d'exploitation des schistes de ce pays, avait paru en rapporter d'excellentes intentions qui se traduiront sans doute par des actes. Nous avons déjà une agréable relation d'un beau voyage[1].

En attendant mieux, nous achetons à l'étranger ce qu'il veut bien nous céder, le payant aux prix fixés par lui. S'il faut en croire M. Métivier, nous consommons par an 730.000 tonnes d'huiles brutes de pétrole et de produits de distillation et nous en produisons zéro; ce n'est point exact, nous venons de le voir, mais n'est malheureusement pas éloigné de la réalité.

Les huiles de pétrole, que l'on brûle, sont des résidus de distillation plus ou moins denses et homogènes; on leur donne aujourd'hui le nom générique de mazouts, qui s'applique à des produits très différents. Ce sont des combustibles de premier ordre pour foyers. Et d'abord, l'huile lourde d'Amérique a un pouvoir supérieur de 11.000 calories, dépassant de près de 35 °/₀ celui d'une bonne houille moyenne. Mais son utilisation peut être rendue meilleure, attendu que là où la houille ne donne pas 70 °/₀, de rendement, le mazout peut fournir 80 °/₀. On s'en rend compte aisément en observant que le combustible liquide se prête à un réglage facile de son débit, par un simple jeu de robinets, et permet donc de réaliser une combustion complète, sans excès d'air, en proportionnant strictement les quantités relatives d'huile et d'air; on obtient une température constante, et aussi élevée qu'on veut; il ne se produit ni cendres, ni scories sur grille, et aucun décrassage des feux n'est nécessaire; la pureté des gaz brûlés supprime les encrassements par la poussière et la suie et ménage les tôles; le tirage se fait automatiquement sans haute cheminée. D'autre part, on supprime le pénible travail du chargement; un chauffeur suffit pour une batterie de plusieurs chaudières et la surveillance est aisée. Mêmes avantages pour les locomotives; joignons-y le bénéfice d'une mise sous pression rapide, et la facilité d'approvisionnement des machines : l'excellence du combustible liquide dans ce genre de foyers avait du reste été reconnue déjà sous l'Empire, grâce aux travaux de Sainte-Claire-Deville, et le souverain avait daigné s'y intéresser lui-même. A bord des navires, le gouvernement des feux est grandement simplifié et la vie devient tolérable dans les chaufferies; l'emmagasinement du combustible

1. Voir à ce sujet l'article de M. F. MICHEL : L'Industrie du gaz naturel en Amérique, dans la *Rev. gén. des Sc.* du 15 janvier 1918, p. 13.

1. M. le ministre a déclaré que la journée vécue par lui à Broxburne et à Pumpherston avait été *capitale*; il avait vu « les cornues et les fourneaux qui transforment le caillou noir du schiste en essences claires et en blanches paraffines ». J'emprunte cette citation à la *Revue générale d'Electricité*, 19 avril 1919, page 610.

n'offre plus de difficultés; la suppression des fumées ou du moins leur diminution est un inappréciable progrès, surtout pour la flotte de guerre.

Ces heureux résultats étaient obtenus d'abord en pulvérisant l'huile par un entraînement à travers un étroit orifice à l'aide d'un jet de vapeur ou d'air comprimé; dans les derniers dispositifs de brûleurs, on supprime la dépense de vapeur ou d'air, en faisant couler le mazout préalablement chauffé sous une pression de 18 à 20 kg.; l'atmosphère comburante est fournie généralement par un ventilateur. Le liquide est débarrassé de ses impuretés par un filtrage. Il faut modifier les dimensions et la forme des brûleurs suivant la nature des pétroles.

Pour la production directe de la puissance motrice, les huiles lourdes gardent la prééminence du rendement, grâce aux moteurs à combustion interne, dont nous nous réservons de parler ultérieurement.

Sous l'influence des considérations qui viennent d'être présentées, quelques esprits prompts se sont hâtés de préconiser l'emploi général des combustibles liquides, et l'on a conçu le vaste et coûteux projet d'établir immédiatement des *pipe-lines* entre les ports d'importation et les lieux de grande consommation; mais il nous faudrait en même temps construire des bateaux pétroliers, des wagons-citernes, des réservoirs, etc., toutes choses dont nous manquons encore. D'ailleurs, il ne faut pas s'illusionner sur les facilités d'application des brûleurs à pétrole aux foyers existants, chaudières fixes et mobiles, fourneaux de forge, fours métallurgiques Martin-Siemens et autres, fours à réverbère, fours d'affinage, etc.: il y a toujours loin de la coupe aux lèvres, surtout pour les gens les plus altérés. Croit-on, par exemple, qu'il y ait possibilité de transformer sans délai des foyers quelconques à charbon en foyers à huile? On a écrit qu'il n'y avait qu'à installer une façade en fonte et à y disposer des brûleurs : celui qui a imaginé cette solution simpliste ne l'a sans doute pas encore mise à exécution, et nous l'attendons à l'épreuve. Toutefois, pour certains générateurs de vapeur, la modification du foyer ne présente pas de sérieuses difficultés dès que l'avant-foyer se prête à l'installation d'une chambre de combustion.

Les capitaux prévus pour l'établissement des moyens d'adduction trouveraient mieux leur emploi dans le développement de nos usines de production, à Pechelbronn, en Algérie, en Indochine, et sur nos gisements de schistes d'Autun. Il ne manque pas en France de gens d'initiative, doués d'un esprit entreprenant; ils demandent des capitaux, de la protection, dans la mesure qui convient, et surtout de la liberté : qu'on leur donne tout cela, et au plus tôt.

***

Si la France ne possède pas beaucoup de houille noire, elle est plus riche en houille blanche, verte et bleue; ces mots expressifs sont suffisamment entrés dans le langage, pour que je n'aie pas à les préciser. A l'égard de ces houilles de fiction, nous devons reconnaître que notre pays n'a pas été trop mal partagé : la Suisse, la Suède et la Norvège pourraient seules lui faire envie en Europe.

La houille blanche, dont nous nous occuperons d'abord, forme un beau lot de notre apanage; par définition, elle a son origine dans les glaciers.

Il est difficile de dire exactement quelle est la puissance hydraulique qu'elle met à notre disposition : la houille blanche se mêle en effet souvent de houille verte; les évaluations varient d'ailleurs suivant les auteurs d'après leurs manières de voir. La discrimination entre les puissances manque même quelquefois de concordance. La puissance d'étiage devrait être calculée d'après le débit caractéristique au-dessous duquel le volume d'eau ne descend pas pendant plus de 10 jours par an, consécutifs ou non; elle serait donc en tout temps disponible. On avait d'abord considéré comme puissance aménageable maximum celle qui correspond au débit caractéristique moyen, au-dessous duquel le volume d'eau ne descend pas pendant plus de 180 jours par an, et sur laquelle on peut compter durant 9 mois de l'année. En prenant cette base, on restait en deçà des possibilités industrielles; étant donné qu'on peut utiliser l'énergie périodique disponible durant 5, 4 ou 3 mois, on a donc installé plus tard des machines d'une puissance supérieure à celle que fournit le débit moyen. Il y aurait lieu de spécifier très nettement les chiffres pris comme base des inventaires; à défaut d'un accord complet, ces appréciations des puissances disponibles et utilisées présentent de notables divergences, dont nous devions signaler la cause. L'Inventaire officiel des puissances disponibles sur les cours d'eau « du domaine public » au 1er juillet 1916, dressé et publié par le Ministère des Travaux Publics, fait état de la « puissance moyenne disponible pour l'année entière » et les chiffres sont donnés en fonction du poncelet de 100 kilogrammètres : seconde, équivalant à 1,33 cheval-vapeur. Ce travail n'est malheureusement pas terminé. M. R. de la Brosse, inspecteur général des

Ponts et Chaussées, avait de son côté établi avant la guerre un tableau général pour les cours d'eau du domaine public et les autres, auquel la haute situation de son auteur et sa rare compétence donnent une grande valeur : nous nous y rapporterons de préférence.

La France entière disposerait à l'étiage de 4.600.000 chevaux et en eaux moyennes de 8 millions, sur lesquels environ 84 °/₀ proviennent des bassins du Rhône et de la Garonne, et peuvent donc revendiquer la houille blanche comme origine principale : la chaîne des Pyrénées fournirait environ le quart de ce que donne le massif des Alpes. Dans ces régions montagneuses, la majorité des chutes utilisées sont de hautes chutes, atteignant souvent 1.000 mètres et les dépassant. Les cours d'eau sont généralement torrentueux ; leur régime est glaciaire, c'est-à-dire que leurs plus hautes eaux sont atteintes en été, à l'époque de la fusion des neiges, et que leur débit passe par un minimum en décembre, janvier et février. Les usines hydro-électriques actionnées par ces chutes sont ordinairement moins coûteuses d'établissement, surtout quand elles n'exigent pas de canalisations de trop grande longueur. Les usines, créées au début dans les vallées supérieures des Alpes, sur les emplacements les plus avantageux, ont pu aménager le cheval par 250 ou 300 francs ; depuis lors, ces prix ont monté beaucoup ; ils dépassent généralement 400 à 500 francs, et atteignent quelquefois 1.000 francs et plus. A Jonage, près de Lyon, la Société des Forces Motrices du Rhône a dépensé, dit-on, 1.800 francs par cheval.

Le Rhin, sur lequel on projette d'établir de puissantes usines, est aussi alimenté surtout par la houille blanche, car son régime est glaciaire : les stations de Kembs et Neuf-Brisach seront aménagées pour 90.000 chevaux en régime moyen et portées plus tard à 270.000 chevaux. Le devis d'une première installation met le cheval à 770 francs, mais ce prix sera diminué par l'exécution du projet complet.

Les stations de montagne souffrent de grandes variations de débit, qu'on atténue par la création de réservoirs d'emmagasinement, jouant le rôle de régulateurs, à l'instar de ce qu'est le lac Léman pour le Rhône et le lac de Constance pour le Rhin. On recourt aussi, comme cela a été fait à Thonon, à des bassins auxiliaires surélevés dans lesquelles on remonte de l'eau mécaniquement aux heures de moindre demande ; on utilise ces réserves aux heures de pointe.

Les bassins de la Loire, de la Seine, de la Manche et les bassins secondaires du versant de la Méditerranée et de l'Atlantique utilisent l'énergie de la houille verte : ces stations de plaine développent leur puissance maximum aux mois d'hiver. Leur régime est plus régulier. Les turbines fonctionnent sur chutes moyennes et basses; elles sont souvent installées sur un barrage fermant les points étroits des gorges des cours d'eau à lit très encaissé : c'est fréquemment le cas des rivières qui découlent du Massif Central. Ces barrages constituent aisément en amont des réserves régulatrices de grande capacité. Le prix de revient du cheval-usine ne s'abaisse guère au-dessous de 800 francs[1] ; on ne se trompera pas de beaucoup en le cotant au double des hautes chutes ; l'avenir appartient donc plutôt à ces dernières.

La puissance totale aménagée dans nos stations hydrauliques était de 115.000 chevaux, vers la fin du XIXe siècle; lors du Congrès tenu à Grenoble, en 1902, on l'estimait à 200.000; à la veille de la guerre, elle était de 750.000 chevaux, encore inférieure au dixième de la puissance disponible. Cette proportion était faible. La Suisse avait alors 480.000 chevaux sur 3 millions, soit 16 °/₀ : elle nous avait dépassés en initiative, mais elle était poussée par la nécessité, car elle manque entièrement de houille noire.

Lorsque la guerre éclata, notre industrie était en voie de regagner le chemin perdu : beaucoup d'installations nouvelles étaient projetées, quelques-unes étaient commencées. La mobilisation arrêta les travaux, mais ils furent repris en 1915, et poussés avec vigueur, pour satisfaire aux besoins de nos usines de guerre, qui fournissaient à nos armées les canons, les obus, la poudre, les explosifs et les autres produits chimiques. Il fallut aplanir d'innombrables difficultés matérielles, financières et même légales : on trouva le moyen de les surmonter. Déjà en 1916, la puissance hydraulique française aménagée, en tenant compte des petites usines[2] disséminées sur les cours d'eau du domaine public et sur toutes les rivières non navigables, ni flottables,

1. Ces questions sont traitées dans la conférence de M. Lévy-Salvador, sur *Le Rôle de l'utilisation des chutes d'eau dans l'extension de l'activité industrielle et agricole*; Paris, Dunod et Pinat, 1919.

1. Ce sont toujours des prix d'avant guerre; ils sont majorés aujourd'hui dans une proportion effrayante et échappent à toute estimation en ce moment.

2. Les statistiques officielles ne tiennent pas compte des établissements d'une puissance inférieure à 500 chevaux : elles sont donc incomplètes. Voir sur cet intéressant sujet la conférence de M. le commandant Cahen, que je trouve reproduite dans la *Revue générale d'Electricité*, 14 septembre 1918.

s'élevait à 1.456.000 chevaux; en 1921, elle ne sera pas loin de 2 millions et demi de chevaux.

Le patrimoine national, constitué par nos richesses hydrauliques, n'est donc pas méconnu par nous : il est en voie de réalisation. On a déjà fait beaucoup; l'effort de la guerre sera poursuivi. Il ne s'agit pas seulement de multiplier et d'aménager plus complètement nos établissements, il faut le faire plus rationnellement. Que l'on se préoccupe davantage de capter les moindres chutes, et que l'on emprunte aux Américains, nos maîtres en initiative, ces usines automatiques, dont la mise en marche et l'arrêt s'opèrent sans intervention directe tout en se contrôlant de loin, et qui se raccordent ainsi aux réseaux, auxquelles elles apportent leur contribution au moment des surcharges. Toutes ces sources d'énergie, petites et grandes, seront incorporées dans un vaste réseau national, rigoureusement unifié; l'association des stations de montagne et de plaine, dont le maximum présente un décalage de six mois, régularisera la production et réduira l'importance du concours qu'il faut demander aux stations thermiques, consommatrices de houille noire; on obtiendra un synchronisme de plus en plus grand entre les besoins de puissance et les disponibilités; grâce à la diversité de la clientèle desservie, on atteindra un taux de plus en plus élevé du facteur de charge. Utilisation plus entière de nos ressources, augmentation de la sécurité des services, diminution des frais de fonctionnement, réduction du capital investi dans les machines de réserve, etc., voilà une partie des avantages à recueillir : je me borne à les indiquer dans ce travail spécialement consacré à l'économie réalisable dans l'emploi de la houille noire.

Quelle sera cette économie?

Je m'engage ici sur un terrain dangereux; il ne faut pas s'y aventurer à la légère et il convient de se garder de toute évaluation imprudente, pouvant conduire à des illusions et à des déceptions.

Les deux millions et demi de chevaux, dont on peut prévoir un prochain aménagement, ne travailleront pas 24 heures par jour, mais il est permis de compter sur un facteur de charge d'au moins 50 %, soit sur 12 heures d'action pendant 365 jours : sur cette base, nous arrivons à $2.500.000 \times 12 \times 365 = 10.950 \times 10^6$, c'est-à-dire à près de 11 milliards de chevaux-heure par an. En supposant que cette puissance permît de mettre à l'arrêt des machines à vapeur, consommant 1,5 kgr. de charbon par cheval-heure effectif, développant une puissance équivalente, nous réaliserions une économie de plus de 16 millions de tonnes de houille noire, sur les 62 millions que nous consommions avant la guerre.

Ce chiffre ne constitue qu'une approximation, mais elle est suggestive, et nous conclurons, avec M. Cahen, en disant que « rien ne peut être plus « important pour le développement économique « de notre pays que l'aménagement de ses puis- « sances hydrauliques, afin de pouvoir opposer « aux grandes richesses en charbon du sous-sol « de l'Allemagne les magnifiques richesses des « vallées de France ».

Le rayon d'action des usines hydro-électriques peut s'étendre loin des chutes des Alpes, des Pyrénées et du Massif Central, mais son développement deviendra onéreux au nord d'une ligne partant de la Rochelle et aboutissant à Strasbourg : c'est dans ces régions que devra être utilisée la houille bleue. La mise en œuvre de l'énergie produite par les marées mettra ainsi au service de notre industrie, une nouvelle et considérable source de puissance motrice, située providentiellement au périmètre des zones que la puissance des chutes ne peut plus atteindre aisément.

Nous sommes favorisés en France par le grand développement de nos côtes sur l'Atlantique et la Manche et par l'amplitude de nos marées, qui n'est guère égalée ou dépassée qu'en quelques rares points de l'Angleterre et du Canada : l'utilisation des marées atteint par suite chez nous une importance qu'elle ne possède dans aucun autre pays. Elle a été comprise depuis longtemps et le premier brevet que Bélidor prit au XVIIIe siècle a été suivi d'une multitude d'autres, parmi lesquels je signalerai celui de M. Singrün, le distingué constructeur de turbines d'Epinal, qui avait imaginé, en 1899, un ingénieux système d'utilisation du flux et du jusant, consistant dans le barrage d'un estuaire et l'emploi de vannes conjuguées; l'inventeur procurait de la sorte un mouvement continu et de même sens des turbines[1]. C'est la voie du succès : quand on sera assuré de la constance de puissance d'une installation donnée, le problème sera résolu.

M. Maynard, après avoir décrit des projets d'aménagement des baies de Rothéneuf, de la Rochelle, d'Arcachon et de la Rance maritime, conclut en déclarant que le captage de la puissance des marées « peut se faire dans des conditions en général plus avantageuses que pour les hautes chutes de montagne » ; ses arguments paraissent décisifs. Il s'agit d'ailleurs de puissances considérables. Je ne citerai pour exemple

1. Voir la remarquable étude, publiée en 1918 par la *Revue générale d'Electricité*, de M. Maynard, ingénieur des Ponts et Chaussées, et celle de M. Guédard (*Id.*, mars 1919).

que le projet de la Rance, capable de développer 102.000 chevaux; les frais d'établissement ne dépasseraient pas 210 francs par cheval, et le prix de revient du cheval-heure pourrait être estimé à moins de 3 dixièmes de centime. De son coté, M. Guédard, attaché au Service des Forces hydrauliques de la Cie Générale d'Electricité, écrit que « le pays ne saurait laisser plus long-« temps inutilisée la puissance considérable dont « il dispose sur ses côtes, et qu'il lui est possi-« ble de recueillir, pour le plus grand profit de « son expansion économique, en disciplinant ses « marées ».

L'énergie solaire tient à notre disposition d'autres adjuvants. La force vive du vent est employée de temps immémorial pour propulser les navires et pour faire tourner des moulins. Elle fournirait davantage si elle était moins intermittente et plus constante.

M. Mouchot, l'inventeur de la chaudière solaire, captait l'énergie des rayons sous sa forme la plus dégradée, la forme calorique. La science dira un jour son dernier mot en créant des appareils thermo- et photo-électriques, qui nous ménagent bien des surprises.

Enfin la chaleur interne de notre globe est aussi utilisable. A Chaudes-Aigues, en Auvergne, des sources thermales alimentent de calories de petites machines motrices, que l'on pourrait multiplier. En Toscane, la Société Larderello a monté des générateurs de vapeur sur les *suffioni*, et 16 appareils Kestner produisent ensemble 80.000 kg. de vapeur par heure.

*
* *

Les succédanés et les adjuvants de la houille noire, dont nous venons d'exposer les propriétés et d'étudier les applications, contribueront à conjurer les effets de la crise redoutable que nous traversons. L'aide qu'ils nous apporteront sera immédiate pour quelques-uns, à plus longue échéance pour d'autres.

Il faut que tous, ingénieurs, constructeurs, financiers et industriels de toute importance, luttent d'initiative, d'activité et d'énergie pour mettre en valeur ces auxiliaires le plus rapidement qu'il se peut faire.

La production des houillères françaises n'a été, en 1919, que de 19.500.000 tonnes, alors qu'elle atteignait 26.322.000 tonnes en 1918, et 28.929.000 tonnes en 1917 ; notre production ne cesse de décroître.

Aimé Witz,
Correspondant de l'Institut.

LE COMBUSTIBLE LIQUIDE

La production mondiale charbonnière, malgré son importance (1.210.000 tonnes en 1918), est cependant manifestement insuffisante pour alimenter l'industrie moderne. Et il semble à beaucoup d'esprits clairvoyants qu'elle ne peut que diminuer, du fait des grèves, de la réduction des heures de travail et de l'adoption du salaire minimum ou salaire garantie.

Devant cette perspective angoissante, plus spéciale à la France, dont les mines du Nord ne seront pas en état de produire avant longtemps, il faut, et le plus rapidement possible, recourir à une autre source de chaleur qui, jusqu'à présent, est restée, sinon ignorée, du moins presque inemployée : le combustible liquide, provenant du pétrole.

Ce combustible n'a pas été utilisé en France, parce qu'il était frappé à l'entrée de tels droits de douane (120 fr. la tonne) que son prix de revient était 5 fois supérieur à celui du charbon. Cette erreur provenait de ce qu'on avait assimilé les résidus de naphte aux autres sous-produits : essences, pétroles lampants. S'ils eussent été taxés comme les charbons, il y a longtemps qu'on utiliserait ces combustibles pour le plus grand bien de notre industrie.

Aujourd'hui que les droits ont été considérablement réduits (4 fr. la tonne), le combustible liquide va concurrencer le charbon.

Les huiles combustibles ou résidus de naphte proviennent de la distillation des pétroles bruts, dont on a extrait, au préalable, les produits qui distillent jusqu'à 280° et 320° C. (éther de pétrole, essence et pétrole lampant).

Ce résidu représente jusqu'à 50 °/₀ du pétrole brut d'où on l'extrait. Il prend nom de *mazout* (Russie), d'*astaki* (Caucase), de *pacura* (Roumanie), de *fuel-oil* (Amérique), suivant les pays de production. Il constitue un combustible industriel de premier ordre, car, avec un pouvoir calorifique plus élevé que celui de la houille (10.500 calories), il se prête aux mêmes emplois : au chauffage des chaudières terrestres et marines, à la production du gaz, etc. En outre, on l'utilise directement dans les moteurs à combustion interne (type Diesel).

I. — Production. — Extraction

L'emploi du pétrole remonte à la plus haute antiquité, mais on peut dire que l'exploitation industrielle de ce précieux combustible n'existait pas avant 1858; toutefois, ce ne fut que vers 1870 que l'on commença vraiment à l'utiliser.

La consommation mondiale, qui n'était alors que de 700.000 tonnes, s'éleva rapidement de 4.000.000 en 1880 à 20.000.000 de tonnes en 1910. En 1915, la quantité totale de pétrole brut entrée sur les marchés du monde a été de 57.405.100 tonnes métriques, dont 37.480.547 tonnes pour l'Amérique.

La production se répartit ainsi :

Etats-Unis	69 o/o
Russie	15 o/o
Mexique	5 o/o
Roumanie	3 o/o
Sumatra	3 o/o
Galicie	1 o/o
Indes Britanniques	2 o/o
Régions diverses	2 o/o

L'extraction du pétrole n'est pas aussi laborieuse que celle du charbon. De simples forages, relativement rapides, suffisent généralement à le faire jaillir du sol, et il s'écoule alors spontanément jusqu'à ce que la masse en soit épuisée. Mais, par contre, le raffinage, la conservation et le transport du combustible nécessitent un matériel spécial. Il faut, en effet, des réservoirs pour entreposer tout le pétrole que les puits débitent, des raffineries pour séparer les diverses huiles qui les composent, des wagons-citernes, des pipe-lines (tuyaux) pour l'amener aux lieux de consommation ou aux ports d'expédition, des navires spéciaux pour le transporter aux pays importateurs. Enfin d'autres réservoirs, d'autres wagons-citernes sont nécessaires pour les raffineurs et les marchands.

L'économie de l'industrie du pétrole diffère donc essentiellement de celle de l'industrie de la houille. L'extraction constitue pour celle-ci l'opération principale, la plus pénible et la plus onéreuse, tant par les immobilisations de capitaux qu'elle nécessite que par la main-d'œuvre qu'elle exige. Au contraire, l'extraction du pétrole n'est que l'opération accessoire, car le raffinage et le transport comportent beaucoup de soins, de dépenses. Aussi, tandis que l'industrie houillère est en quelque sorte incorporée au sol, l'industrie pétrolifère est beaucoup plus mobile ?

En ce qui concerne spécialement les résidus de naphte, ou fuel-oil, ou mazout, ce fut vers 1902 qu'on en importa en Angleterre de grandes quantités. L'Amirauté anglaise, à l'instigation de l'Amiral Selryn, fit édifier à Alsar des laboratoires pour expérimenter la combustion des pétroles et à Portsmouth des écoles où l'on enseigna la chauffe. Les expériences aboutirent à l'adoption du fuel-oil, non seulement pour la chauffe sur les petits bâtiments, mais aussi pour le service des cuirassés du plus fort tonnage.

Cette mesure a eu des conséquences des plus heureuses pour nous, car si l'Angleterre a pu, pendant la guerre, assurer nos besoins en charbons, nous le devons à ce que la plus grande partie de ses bâtiments de guerre chauffaient au pétrole.

Nous ne parlerons pas de la Russie, de la Roumanie, des Etats-Unis, qui utilisent le fuel-oil, largement et depuis longtemps, non seulement pour leurs navires, mais aussi pour leurs industries et leurs chemins de fer.

Le tableau I (p. 81) donne les caractéristiques et conditions de recette du mazout employé dans les différentes marines de guerre.

II. — Comment on doit bruler le mazout

Pour brûler convenablement le mazout et obtenir le maximum d'utilisation avec le minimum de fumée, tout en s'efforçant d'assurer la bonne conservation des chaudières, il faut :

1° réaliser une pulvérisation du combustible aussi complète que possible, avec des appareils simples et indéréglables ;

2° fournir à la combustion une quantité d'air suffisante et répartie d'une façon convenable ;

3° assurer aux résidus de naphte la fluidité nécessaire à leur écoulement et à leur bonne pulvérisation ;

4° proportionner le volume de la chambre de combustion à la surface de chauffe et au poids du mazout à brûler.

§ 1. — Pulvérisation du pétrole

1. *Modes de pulvérisation.* — Pour brûler le mazout dans une chaudière, on le pulvérise finement. Puis, en brassant la poussière de pétrole avec l'air, on obtient un jet gazeux qui brûle dans le foyer.

Un pulvérisateur comprend en principe deux buses voisines, dont l'une sert pour l'écoulement du pétrole et l'autre pour le passage d'un gaz pulvérisant (air ou vapeur).

La pulvérisation par la *vapeur* est la première en date. Elle présente l'avantage d'être très simple au point de vue des installations, et de fournir au mazout, sans réchauffage préalable, la fluidité nécessaire à une bonne combustion.

Mais il en résulte une dépense de vapeur, et par suite d'eau, qui a son importance, bien qu'on

TABLEAU I. — Conditions de recette des résidus de Naphte

Marines	Provenance	Densité	Pureté	Acidité	Température de congelation	Point d'inflammabilité	Fluidité et viscosité	Soufre	Pouvoir calorifique	Eau
France	Texas Roumanie	à + 13° C. de 0,890 à 0,950	Pas de dépôt appréciable en filtrant à travers une toile en laiton n° 70 du commerce.	Aucune trace d'acidité minérale, une légère acidité organique sera tolérée.	Inférieure à 5° C.	Supérieur à 79°,45 C. 145° F.	Le volume écoulé pendant 10 minutes à + 15° C. dans l'ixomètre Barbey ne devra pas être inférieur à 7 divs.	Pas plus de 0,75 % en poids.	Supérieur à 10.500 calories par k° (obus Malher).	Teneur inférieure à 1 % en poids.
Grande-Bretagne	Texas Roumanie Perse Indes anglaises		Sans dépôt appréciable en filtrant au travers d'un filtre métallique de 16 mailles par pouce.	Ne doit pas dépasser 5 %.		Supérieur à 79°,45 C. et à 93°,34 C. pour produits très visqueux.	Viscosité ne doit pas excéder 1.000 secondes pour l'écoulement de 50. cm³ à la température de 0° au viscomètre Redwood.	Pas plus de 0,75 %		Ne doit pas dépasser 0,50 %.
Etats-Unis	Texas Californie		Filtrage au travers d'une toile métallique de 16 mailles au pouce.	Les résidus devront être libres d'acides.		Supérieur à 150° F. ou 65°,56 C. (appareil Abel ou Pensky Martens).	La viscosité ne doit pas être supérieure à 40 Engler à 70° F. ou 21° C.	Pas plus de 1,5 %		Ne doit pas dépasser 1 %.
Italie	Etats-Unis Roumanie	Supérieure à 0,892 à 20° C.	Tolérance totale 1 % de matières étrangères.			Supérieur à 100° C. (appareil Pensky-Martens) en coupe fermée.	La viscosité devra être de 9 à 10 Engler à 20° C.; 2,2 à 3 Engler à 50°C.; 1 à 2 Engler à 70° C.	Pas plus de 0,6 %	Supérieur à 10.500 (obus Malher).	1 % y compris les matières étrangères.

soit arrivé à ne dépenser que 2 à 3 % de la totalité de la vapeur produite.

En Roumanie, l'Administration des chemins de fer préfère la pulvérisation à la vapeur.

Avec l'*air*, on obtient une excellente pulvérisation, mais à la condition de réchauffer le mazout, ce qui nécessite l'emploi de réchauffeurs. Il faut aussi des compresseurs d'air ou des ventilateurs à pression. L'air, qui présente l'avantage de faciliter la combustion, est employé de préférence à la vapeur pour les chaudières marines, les fours des verreries et les fonderies.

Enfin, on a imaginé un procédé de *pulvérisation mécanique* qui se généralise de plus en plus et qui ne nécessite ni air ni vapeur. Il présente l'avantage d'utiliser un brûleur très simple et de n'exiger, comme dépense d'installation, qu'une pompe à refouler le pétrole. C'est la solution la plus en faveur, surtout dans les Marines de guerre. La pression de refoulement atteint 18 et 20 kg. par cm².

M. Jean Rey, dans une note à l'Académie des Sciences (séance du 11 février 1915), préconise la pulvérisation mécanique, du fait qu'en « détendant du pétrole liquide sous pression, il se vaporise partiellement, et, si la détente est suffisamment prolongée, sa vapeur se surchauffe ».

2. *Débit, nombre et emplacement des brûleurs à mazout.* — On a d'abord admis que le débit horaire devait être de 160 kg. par brûleur, croyant qu'il n'était pas possible de pulvériser convenablement une quantité plus élevée.

Cependant, d'après les *Proceedings of the American Society of Naval Engineers*, les essais du *Tallapoosa* ont « démontré qu'on obtenait de très bonnes analyses de gaz de combustion, par conséquent une bonne et entière combustion, même quand chaque brûleur débite 270 kg. à l'heure, et la maison Babcock et Wilcox en Angleterre a exécuté récemment des essais d'un très grand intérêt, dans lesquels, avec des dispositions convenables pour la distribution et le réglage de l'air et avec un brûleur Peabody légèrement modifié, il a été brûlé 400 kg. de pétrole par brûleur et par heure. Le rendement de la chaudière fut de 73,4 %.

« Enfin, plus récemment, on a pu pulvériser plus de 450 kg. de pétrole par brûleur et par heure, en obtenant une bonne combustion, ainsi que le révélait une analyse satisfaisante des gaz,

ceux-ci ayant plus de 14 % de CO^2 avec absence complète de CO. »

Cependant il y a avantage, chaque fois qu'on le peut, à employer le plus grand nombre possible de brûleurs, pour la bonne utilisation du combustible et la facilité de la chauffe, surtout lorsque cette dernière doit correspondre à des variations d'allure. Plus la veine liquide est faible, plus la pulvérisation est facile et complète, et l'on a remarqué qu'avec le même débit de résidus et la même intensité de tirage, la puissance d'une chaudière augmente avec le nombre de brûleurs.

§ 2. — Quantité d'air nécessaire à la combustion

Le poids d'air théoriquement nécessaire pour brûler complètement 1 kg. de mazout de qualité moyenne est de 14 kg. ou de 11 m³ à la température de 15° C. Pratiquement, étant donnés la nature du combustible et les procédés d'utilisation, l'expérience de bonnes installations montre qu'il suffit de dépasser cette quantité de 10 % environ, c'est-à-dire qu'il faut 12 m³ d'air à 15° C. pour brûler dans de bonnes conditions 1 kg. de résidu de naphte. Mais on ne peut s'en tenir à cette quantité que si toutes les conditions de chauffe sont remplies convenablement : débit des ventilateurs, perfection des installations, surveillance attentive de la combustion.

La façon dont l'air est distribué aux brûleurs a une très grande importance, tant pour la combustion que pour la fumivorité.

L'air, autant que possible préalablement réchauffé, doit frapper perpendiculairement le jet gazeux avec qui il se brasse et se mélange.

D'autre part, il faut disposer d'un nombre de brûleurs suffisant, afin d'obtenir un rideau de flammes assez longues et assez larges, pour que l'air qui s'est réchauffé, en pénétrant dans la chambre à combustion par les trous pratiqués dans la sole (constituée par des briques réfractaires), soit contraint de traverser la nappe de pétrole enflammé, comme il traverse la couche de combustible, en passant entre les grilles, quand on brûle du charbon.

Suivant le type de pulvérisateur, le mazout en fine poussière et l'air de combustion se mélangent et se brassent en jets de flammes plans ou coniques. La combustion commence à quelques centimètres du brûleur en produisant un ronflement très caractéristique.

Il faut éviter tout excès d'air, qui est nuisible à la conservation et au rendement de la chaudière.

L'aspect de la fumée et l'examen de la flamme doivent guider la conduite de la chauffe.

Il y a insuffisance d'air lorsque la fumée est noire ; au contraire, si cette dernière est tout à fait blanche, c'est que l'air est en excès.

Enfin la flamme du foyer, examinée à travers un regard pratiqué dans la façade, ne doit être ni trop rouge, ni trop blanche, ce qui serait l'indice, soit d'une combustion incomplète, soit d'une concentration de chaleur en certains points qui constitue *le coup de chalumeau*.

§ 3. — Fluidité nécessaire

Il ressort des essais pratiques effectués en Amérique, où le combustible liquide est couramment employé, qu'il existe des conditions précises de fluidité du combustible qui sont nécessaires pour obtenir la meilleure utilisation, sans production de fumée à l'extérieur, et sans formation de dépôts de coke à l'intérieur du pulvérisateur.

L'expérience a montré que tous les résidus de naphte ne sont pas identiques et ne sauraient, de même que pour les différentes variétés de charbon, être brûlés de la même façon.

A l'origine, on s'était contenté de réchauffer le mazout de façon à lui donner une fluidité suffisante et on admettait même que la combustion était d'autant meilleure que, jusqu'à une certaine limite, la température était plus élevée.

Vers 1909, l'Amirauté américaine fit procéder à Philadelphie sur une chaudière du type marine à de nombreuses expériences, très sérieusement contrôlées. On fut amené à reconnaître que, pour brûler les combustibles liquides dans de bonnes conditions d'utilisation, de meilleure fumivorité, sans excès d'air, il était nécessaire de porter leur fluidité à la valeur de 8° Engler (ou 82° Barbey).

Des essais entrepris, également en Amérique, par des Compagnies de Navigation, sur des chaudières du même genre que celles employées sur les navires marchands, ont donné des résultats identiques.

Durant ces essais, on a constaté que toute augmentation de réchauffage, ayant pour but d'augmenter la fluidité du mazout au delà de 82° Barbey, correspondait immédiatement à une diminution de la puissance évaporatoire.

Au contraire, chaque fois qu'on abaissait la température de réchauffage, pendant quelques minutes, au-dessous de celle qui donne la fluidité 82° Barbey ou 8° Engler, tout en conservant le même tirage et la même pression d'air, la fumée augmentait en densité et en volume. Elle disparaissait immédiatement dès que la température redevenait celle qui avait, tout d'abord, donné les meilleurs résultats.

On a également reconnu que la température de réchauffage, à laquelle on porte un combus-

tible liquide, ne doit jamais atteindre le point d'éclair, sous peine d'amener sa décomposition ou *cracking*. Le carbone, surtout dans le cas de pétrole à base d'asphalte, se dissocie spontanément, il encrasse et obstrue les pulvérisateurs. Le pétrole mal pulvérisé tombe dans le cendrier

2° Les combustibles liquides qui ne peuvent atteindre le degré de fluidité indiqué, sans être chauffés au delà de leur point d'éclair, donnent d'abondantes formations de dépôts cokéfiants.

« Il a été assez difficile, dit un Rapport américain, de convaincre tous les officiers mécaniciens

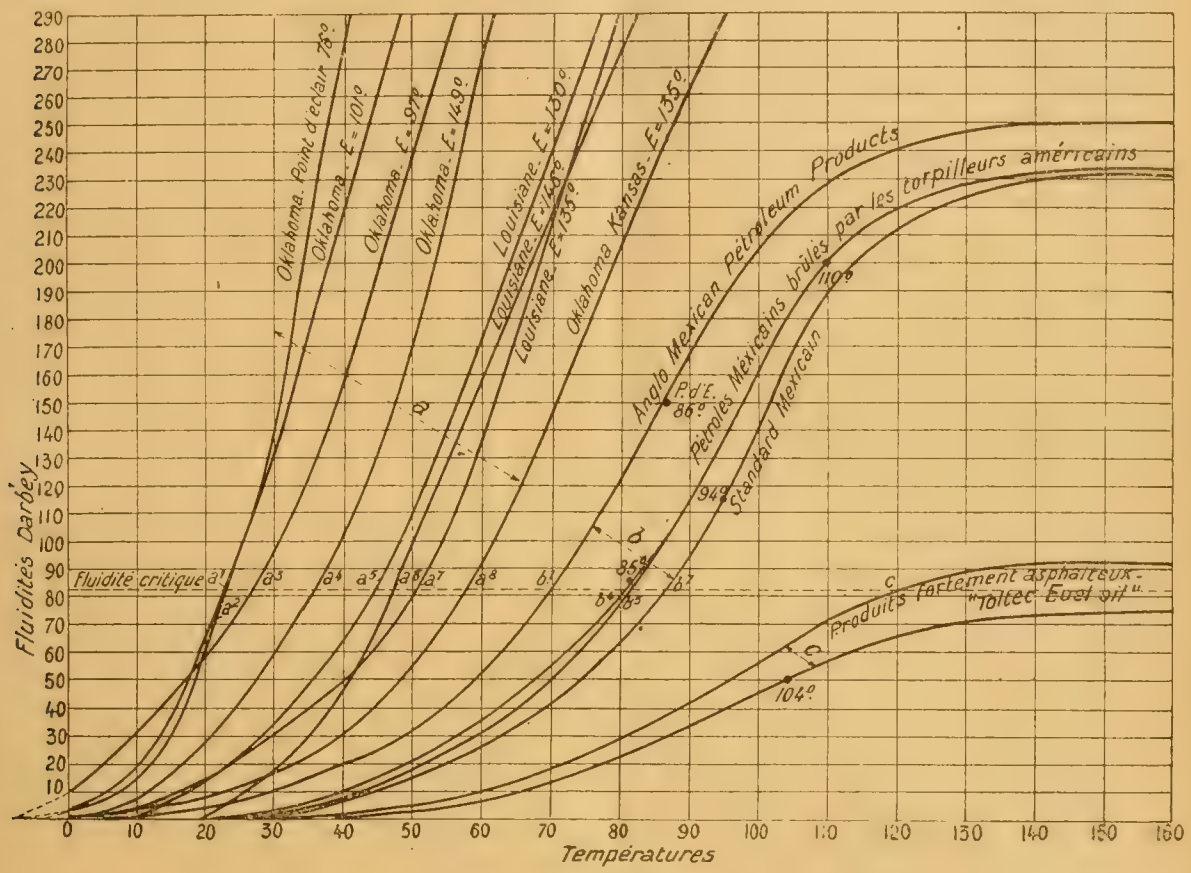


Fig. 1. — *Caractéristiques de fluidité d'un certain nombre de fuel-oils.*

où il brûle. Pendant les marches actives, le combustible est projeté en fine poussière sur les surfaces de chauffe, où il distille en abandonnant son coke. Ce phénomène est d'autant plus à craindre que les surfaces qu'il risque d'atteindre, aussitôt après sa sortie des brûleurs, sont des surfaces de chauffe refroidies par l'eau, à une température inférieure à celle de la chambre de combustion. Une cristallisation se produit, qui durcit le coke et le rend très adhérent, ce qui diminue l'utilisation de la chaudière.

De ces expériences rigoureusement conduites, on a tiré les conclusions suivantes :

1° Quels que soient les combustibles liquides employés et quelles que soient leurs provenances, pour réaliser une combustion complète et sans fumée, on doit donner à tous la même fluidité aux brûleurs : 82° Barbey ou 8° Engler [1].

1. Cette fluidité a été recommandée pour la Marine de guerre par la D. M. du 28 avril 1915.

des destroyers de la vérité du principe de fluidité, parce que des résultats contraires à ce principe semblent parfois se dégager de l'expérience de la chauffe, en montrant qu'une haute température de réchauffage donne les meilleurs résultats.

« Mais on ne remarque pas que l'élévation de température, en diminuant la densité du résidu, réduit, pour une pression de refoulement constante, le débit des brûleurs. Dans ces conditions, si la pression d'air n'a pas varié, la fumivorité diminue effectivement, mais ce résultat est naturel, puisque la quantité de pétrole a elle-même diminué. »

En somme, l'augmentation de température du pétrole, d'une part, augmente la fluidité et la vitesse d'écoulement, mais, d'autre part, elle réduit la densité. Il semble que la valeur 82° Barbey ou 8° Engler correspond au point où ces deux influences s'équilibrent, et que, par suite,

elle assure le débit maximum, en poids, d'un brûleur donné, débitant sous une pression donnée un résidu déterminé.

La figure 1 donne les caractéristiques, à ce point de vue, d'un certain nombre de combustibles. Les courbes du groupe A se rapportent aux résidus de naphte provenant du Texas, de l'Oklahoma, du Kansas et de la Louisiane; celles du groupe B à des résidus mexicains de provenances diverses; enfin, le groupe C se rapporte à des produits particulièrement asphalteux.

L'horizontale passant par le point de fluidité admis : 82° Barbey, donne la température à laquelle il faut porter chacun des combustibles pour atteindre cette fluidité.

On remarque que les produits A, plus fluides, ne nécessitent qu'un réchauffage de 22 à 58°. Les produits B demandent un réchauffage plus élevé, de 70 à 86°. Quant aux produits C, l'un d'eux atteint son point d'éclair bien avant d'arriver à la fluidité exigée. L'autre, au contraire, quelle que soit la température à laquelle on puisse le porter, ne peut arriver à la fluidité de 82°. Ce sont donc de mauvais combustibles, qu'on ne doit pas employer.

Ces courbes donnent une idée de la variation de la fluidité avec la température; chaque produit a une courbe qui lui est propre selon sa composition intime, la nature de ses constituants et la proportion pour laquelle entre chacun de ces derniers dans le mélange total.

De ce qui précède, il faut conclure qu'on ne saurait brûler des résidus de naphte sans connaître les températures qui correspondent à leur fluidité de 82° Barbey et à leur point d'éclair. Ces renseignements doivent être donnés par le fournisseur à l'utilisateur, condition prévue, d'ailleurs, dans les transactions américaines.

§ 4. — Volume de la chambre de combustion

Les nombreuses observations faites jusqu'à ce jour sur différents types de chaudières permettent d'affirmer que les dimensions et les dispositions de ces dernières ont sur la combustion et la fumivorité une très grande influence. Le volume d'une chambre de combustion utilisant le combustible liquide a autant d'importance que la surface de grille d'une chaudière chauffant au charbon.

On a reconnu également qu'il existait une relation mécanique, qu'on ne doit pas dépasser, entre la surface de chauffe et le volume de la chambre de combustion :

$$\frac{S}{V} = 30 \text{ ou } 32 \text{ au maximum.}$$

Certains mauvais résultats, obtenus dans les marines de guerre, tenaient précisément aux faibles dimensions des chambres de combustion, plutôt qu'à une distribution défectueuse de l'air ou à un vice de fonctionnement des brûleurs.

On admet également qu'on doit attribuer à une insuffisance du volume du foyer les explosions successives qui se produisent parfois, lorsqu'on active la vaporisation. On a remarqué, en effet, qu'avec des pulvérisateurs mécaniques ces explosions avaient le même rythme que les pulsations de refoulement des pompes à mazout; ce qui semblerait indiquer que les gaz produits ne trouvent pas le volume suffisant pour qu'ils puissent se détendre.

Dans cet ordre d'idées, d'après les *Proceedings of the American Society of Naval Engineers :*

« La limite du poids de pétrole que l'on peut brûler par m³ de chambre de combustion semble plutôt tenir à une question de puissance calorifique développable que de kilogrammes de pétrole à brûler. En d'autres termes, la puissance d'une chaudière, dans des conditions déterminées de brûleurs, d'intensité du tirage et de volume de la chambre de combustion, paraît dépendre de la qualité du combustible employé. On peut brûler convenablement sans fumée une plus grande quantité de pétrole pauvre que de pétrole riche, mais le nombre total de calories développé dans un temps donné reste à peu près constant. »

On estime actuellement qu'il ne faut pas dépasser, par heure et par m³ de la chambre de combustion, 200 kg. de résidus de naphte de qualité moyenne (à 10.500 calories).

Ajoutons encore que les chaudières qui donneraient les meilleurs résultats sont celles à flammes directes ou tout au moins dont le faisceau tubulaire présente la moindre résistance.

Tableau II. — Classement des types de chaudières marines brûlant le mazout

BATIMENTS	Surface de chauffe	Volume de la chambre de combustion	RAPPORT $\frac{V}{S}$	Mazout en Tonnes par m³ de V	TYPES de CHAUDIÈRES
Casque ...	480	15	32	0,185	Flamme directe (Français)
Nievo	483	15,5	31,2	0,193	Flamme directe (Italien).
Quila	757	28	26,32	0,200	Flamme directe (Italien).
Mangini ..	480	14	34,2	0,226	A retour de flamme.
Bisson	476	10,6	45	0,237	A retour de flamme.
Faulx	480	9,9	48,5	0,394	A retour de flamme.

Le classement de chaudières marines du tableau II est remarquable à ce sujet. Ce classement par ordre de bonne fumivorité correspond également à celui du volume des chambres de combustion.

Nous ne saurions passer sous silence les soins qu'on doit apporter à la construction des maçonneries des foyers. Les parois de la chambre de combustion doivent être garnies d'un revêtement réfractaire aussi complet que soigné, car pendant le fonctionnement ce revêtement devient incandescent et contribue à parfaire la combustion du pétrole et par rayonnement à réchauffer l'air comburant.

La température du foyer s'élevant à 1.500 ou 1.600°, il est indispensable que les briques employées soient à même de supporter une température aussi élevée, ce qui nécessite l'emploi de matériaux de choix.

III. — Avantages de l'huile combustible

Les avantages de l'huile combustible sur le charbon sont, aujourd'hui, nettement établis.

1° Le plus important tient à la supériorité du pouvoir calorifique, qui est d'environ 10.500 calories, tandis que celui du charbon varie entre 6.000 et 8.000 calories; c'est-à-dire que 1 kg. de mazout fournit autant de chaleur que 1,750 ou 1,312 kg. de charbon. Le pouvoir calorifique du charbon non seulement varie avec la qualité du combustible et avec la proportion des cendres, mais encore il diminue assez rapidement au contact de l'air atmosphérique. Le mazout peut se conserver indéfiniment, sans perdre une quantité appréciable de sa capacité calorifique.

2° Le rendement thermique d'une chaudière brûlant du fuel-oil peut atteindre 80 à 85 % du calorique fourni, tandis que, dans les meilleurs générateurs chauffés au charbon, il ne dépasse pas 65 %. Ces résultats sont dus à l'homogénéité du combustible liquide, à ses qualités physiques et aux conditions de la chauffe (en particulier à la suppression des rentrées d'air qui se produisent par les portes de fourneaux pendant le chargement ou le décrassage des grilles à charbon).

3° La mise en fonction d'une chaudière à mazout est rapide, et son extinction peut se faire instantanément, d'où un gain précieux de temps et de main-d'œuvre.

4° La vaporisation est très régulière du fait de la suppression de l'encrassement des foyers. Les résidus de la combustion sont insignifiants et les ramonages sont peu nécessaires.

5° On a reconnu qu'une tonne de mazout équivaut pratiquement à 1,6 tonne de charbon de qualité moyenne. Le pouvoir vaporisateur du charbon est d'environ 8 kg., tandis que celui du fuel-oil atteint 14 kg.

6° La suppression de la fumée peut être complète, excepté, toutefois, au moment de l'allumage.

7° La disparition de la poussière de charbon donne une chambre de chauffe plus propre et une réduction de l'usure et des avaries des pompes et autres appareils auxiliaires.

8° Le mazout présente de grandes facilités de manipulation. Une simple canalisation suffit pour le conduire à pied d'œuvre; l'emploi du charbon nécessite des manutentions importantes et onéreuses. On emmagasine facilement et rapidement le fuel-oil à terre et à bord des navires, à l'aide de pompes. On loge un plus grand poids de mazout que de charbon dans la même soute. On accroît ainsi la distance franchissable, déjà augmentée par suite de la supériorité calorifique.

9° La facilité d'utilisation du mazout permet une réduction importante du personnel des chaufferies, qui peut atteindre 80 %.

10° La durée des chaudières est considérablement prolongée, par suite de la suppression des dilatations et contractions successives occasionnées par les ouvertures et fermetures fréquentes des portes du foyer à charbon.

11° L'élévation du pouvoir vaporisateur peut permettre de réduire le nombre des chaudières en fonction et donne de plus grandes facilités d'entretien des générateurs.

Ce sont là les avantages généraux du fuel-oil.

Il en existe beaucoup d'autres, que nous ne pouvons énumérer ici et qui relèvent des conditions particulières de l'utilisation qu'on en fait dans les marines de guerre et de commerce, pour les chemins de fer et dans l'industrie.

Tableau III. — **Essais comparatifs (charbons et huile) effectués à la manufacture de coton de Manville sur deux chaudières cylindriques tubulaires à retour de flammes de 140 chevaux, pulvérisateur à vapeur Hammel**

Nature du combustible	Titre de la vapeur	Pouvoir calorifique	Puissance normale des chaudières	Puissance réellement fournie	Eau vaporisée en k° en 126 heures	Vapeur à 100° par k° de combustible	Rendement de la chaudière
Charbon.....	0,9825	8.111	300 HP	202 HP	353.093 kg.	10,31 kg.	0,68
Pétrole.....	0,9825	10.389	300 HP	285 HP	485.450 kg.	15,55 kg.	0,80

IV. — Résultats d'essais

En dehors des tableaux III et IV, faisant ressortir les résultats avantageux dus à l'emploi du combustible liquide, nous croyons devoir, pour terminer, signaler un essai récent fait dans un de nos arsenaux sur une chaudière à charbon, transformée en vue de la chauffe au mazout.

Tableau IV. — Résultats d'essais effectués sur des chaudières à tubes d eau Babcock et Wilcox munies de pulvérisateurs à vapeur Hammel

Pression de la vapeur..	13,017 kg.	11,9356	10,236
Température de la vapeur	274°,8	369°,2	220°,4
Surchauffe	62°,4	59°,1	18°,4
Facteur d'évaporation...	1,259	1,124	1,114
Température de l'eau d'alimentation	38°,7	98°,3	83°,9
Température des gaz d'échappement	280°,6	263°,9	180°,6
Tirage au registre d'air	11,66 mm.	11,68 mm.	2,29 mm.
Tirage dans le foyer...	4,78 mm.	5,08 mm.	1,68 mm
Proportion de CO^2 %..			
Vapeur usée par les pulvérisateurs %	12,2 2,13	14,4 1,97	13,4 1,97
Nature du combustible .	Résidus de Californie	Fuel oil Oklahoma	Huile brute Oklahoma
Densité du combustible.	0,9799	0,8967	0,8746
Pouvoir calorifique	9,999²	10,711	10,à78
Puissance normale de la chaudière H.P.	604	600	600
Puissance réellement développée H.P.	1,181	1,076	550
Rapport à la puissance normale	1,955	1,79	0,91
Vaporisation à la température actuelle	11,22	14,04	14,73
Vaporisation ramenée à 100°	14,12 kg.	15,79	16.43
Rendement de la chaudiere	0,758	0,809	0,814

Cette transformation, *qui est le problème du jour*, devait réserver l'avenir, en permettant, le cas échéant, de revenir à la chauffe au charbon.

Comme il s'agissait d'une chaudière à grille mécanique, la grille fut enlevée, mais le chariot porte-grille fut laissé en place, et l'on disposa contre la façade une chambre en tôle, dans laquelle refoule un ventilateur d'aération. Cette chambre, limitée du côté de la façade par une simple cloison en tôlerie, et du côté de la chambre de combustion par une cloison en briques de 220 mm. d'épaisseur, est traversée par 4 brûleurs qui passent à travers la cloison en briques dans des ouvertures munies d'obturateurs en tôle, permettant de régler l'entrée de l'air. Chaque brûleur peut débiter 150 kg. de mazout à l'heure.

Après montage, on fit trois essais comparés de vaporisation et de puissance avec une deuxième chaudière identique, mais chauffant au charbon.

Le premier essai a donné les résultats suivants :

Puissance fournie..... 600 kilowatts.
Durée de l'essai..... 3 heures.

	Mazout	Charbon
Pouvoir calorifique	10.432	7.260
Poids d'eau vaporisée à l'heure.	6.180 kg.	5.100 kg.
Consommation correspondante..	521 kg.	770 kg.
Poids d'eau vaporisée par kg...	11,8 kg.	6,62 kg.
Consommation par kilowatt-heure	0,868 kg.	1,28 kg.

La chaudière au charbon était en parfait état d'entretien ; elle venait d'être nettoyée et toutes les maçonneries avaient été remises à neuf. Le charbon était d'excellente qualité, avec une teneur en cendres de 15 %.

Voici les résultats du deuxième essai :

Puissance fournie..... 500 kilowatts
Durée de l'essai..... 3 heures

	Charbon	Mazout
Pouvoir calorifique	7.260	10 432
Poids d'eau vaporisée à l'heure	5.130 kg.	5.450 kg.
Consommation correspondante .	755 kg.	460 kg.
Poids d'eau vaporisée par kg..	6,79 kg.	11,2 kg.
Consommation par kilowatt-heure	1,51 kg.	0,92 kg.

Le troisième essai se fit par comparaison avec une chaudière au charbon, ayant déjà 40 jours de marche et brûlant du Cardiff de qualité inférieure (6.462 calories et 70 % de poussier). Les consommations ont été respectivement de *0,952 kg. pour le mazout* et *2,042 kg. pour le charbon*, par kilowatt-heure.

Ces résultats, des plus concluants, militent en faveur de l'emploi du mazout, tout en montrant que la transformation d'une chaudière à grille automatique est parfaitement réalisable. Les consommations ont été de 1,641, 1,474 et 2,144 kg. de charbon pour 1 kg. de mazout. Elles montrent, en tenant compte, en outre, des avantages précédemment énumérés, la supériorité économique du mazout, tant que son prix ne sera pas supérieur à deux fois et demi celui du charbon.

Par cet aperçu d'avantages dûment constatés, on voit qu'on ne saurait hésiter à généraliser l'emploi du fuel-oil. Et dans cette décision ne peut entrer en ligne de compte même la préoccupation d'assurer l'approvisionnement du combustible. Car, en dehors des huiles de pétrole, on aura la ressource de recourir aux huiles de houille, dès le jour, que nous croyons proche, où l'on se décidera enfin, au lieu de gaspiller le charbon, comme on l'a toujours fait, à retirer au préalable tous les sous-produits qu'il contient.

A. Berger,
Mécanicien général de la Marine,

BIBLIOGRAPHIE
ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

de Fontviolant (B.), *Professeur à l'Ecole Centrale.* — **Les méthodes modernes de la Résistance des matériaux.** — *1 vol. in-8° de 82 pages avec 5 fig. (Prix : 4 fr. 50). Gautier-Villars et Cie, éditeurs, Paris,* 1919.

M. Bertrand de Fontviolant, professeur à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures, vient de réunir dans une brochure trois articles qu'il a fait paraître dans le *Bulletin des Sciences mathématiques* d'octobre à décembre 1918, sur les méthodes modernes de la Résistance des matériaux.

Ces méthodes ont pour objet deux des questions les plus importantes de cette partie de la Mécanique appliquée, c'est-à-dire : 1° la détermination des déformations dues aux forces extérieures appliquées ou aux variations de la température ; 2° la détermination des forces de liaison dans les pièces et systèmes de pièces hyperstatiques.

Elles sont entièrement générales et sont fondées sur le théorème des forces vives et celui des travaux virtuels. Celles fondées sur le théorème des forces vives ont leur origine dans un mémoire de Clapeyron (1858) sur le travail des forces élastiques et dans un autre du Général Menabrea (1868). La première application du théorème des travaux virtuels a été faite par Mohr.

Ces méthodes doivent trouver aujourd'hui un champ d'application particulièrement intéressant dans le calcul des carcasses de dirigeables ou des fuselages d'aéroplanes, que les anciens procédés géométriques et cinématiques ne laissaient guère aborder par suite de l'obligation qu'ils imposent d'introduire des inconnues auxiliaires dont l'élimination est pour le moins laborieuse.

Néanmoins, malgré leur rapidité et leur commodité, ces méthodes modernes sont peu connues en France, et parmi les si nombreux et souvent si remarquables ouvrages sur la résistance des matériaux, on ne les voit seulement signalées que dans trois d'entre eux : le Traité de Statique graphique de Maurice Lévy, qui donne (IV° partie, page 220, 2° édition, 1888) un aperçu de la méthode du général Menabrea, et (page 222) de celle de Mohr ; la traduction française par Hahn de la Résistance des matériaux de Föppl ; et le cours de Mécanique professé à l'Ecole Polytechnique par Lecornu (1918), où est rappelé (page 45) le théorème de M. Bertrand de Fontviolant, et (pages 102 et 104) ceux de Castigliano et de Menabrea. Enfin M. E. Flamand, dans sa thèse pour le Doctorat devant la Faculté des Sciences de Nancy (1914), a présenté une étude intéressante « sur les méthodes nouvelles de la Statique des constructions » et en a ultérieurement fait de nombreuses applications dans son ouvrage « Calcul des systèmes élastiques de la construction » (1918), où il rappelle la méthode de Castigliano.

Il était donc utile de présenter un exposé d'ensemble de ces méthodes modernes et de montrer les liens étroits qui les unissent.

Nul, par ses précédents travaux sur la question, n'était plus qualifié que l'auteur pour entreprendre un tel travail, qu'aucun ingénieur ne lira sans être séduit par l'élégance et la clarté de l'exposition et être vivement intéressé par la connaissance qu'il prendra du nouvel outil mis à sa disposition pour la préparation et l'étude de ses projets.

Nous souhaitons que ces méthodes, qui viennent enfin d'être présentées si simplement en France, fassent aussi, désormais, partie du programme d'enseignement de nos grandes Ecoles d'application, mais, en attendant que se réalise ce progrès, ingénieurs et étudiants se devront de lire l'ouvrage de M. Bertrand de Fontviolant.

L. Potin.

2° Sciences physiques

Rouch (J.), *Lieutenant de vaisseau, Chef du Service météorologique de la Marine, ancien Chef du Service météorologique aux Armées.* — **Manuel pratique de Météorologie.** — *1 vol. in-8° de 144 p. avec 25 fig. et 14 pl. hors texte (Prix : 6 fr. 50). Masson et Cie, éditeurs, Paris,* 1919.

Cet ouvrage est la reproduction des conférences que M. Rouch, devenu Chef du Service météorologique aux Armées, fit, pendant la guerre, aux aéronautes de l'Armée et de la Marine. Le but cherché était d'intéresser les pilotes à la Météorologie et de leur permettre d'interpréter avec sagacité, pour en tirer le meilleur parti, les prévisions du temps, généralement très laconiques, établies par les météorologistes.

Les premiers chapitres donnent les renseignements relatifs à la préparation et à l'interprétation des cartes synoptiques, ainsi que la partie essentielle de nos connaissances actuelles et l'énoncé des règles de prévision dont l'usage a permis de reconnaître la valeur dans l'application. Cette étude est facilitée par une série de cartes convenablement choisies qui guident le lecteur dans la compréhension du texte. La lecture de l'ouvrage est rendue attachante par les nombreuses réflexions souvent judicieuses de l'auteur sur les diverses questions de cette partie de la Météorologie. Un chapitre est consacré à l'étude détaillée des *grains*, dont certains ont causé de grands dégâts et de nombreux accidents ; mais il y a trop peu d'exemples cités pour lesquels le service spécial d'annonce, institué pendant la guerre d'après les idées de M. Durand-Gréville, ait fonctionné utilement. La question de la *brume*, qui gêne considérablement les expéditions aériennes, est traitée également avec soin dans le chapitre XI. L'ouvrage fournit encore un exposé succinct de nos connaissances sur l'atmosphère supérieure, mais l'étude des nuages, à laquelle les aviateurs et les aéronautes pourraient largement contribuer, nous paraît trop réduite dans le tableau descriptif qui la résume.

Dans le chapitre XIII, M. Rouch attire l'attention des apprentis météorologistes sur les difficultés de la prévision du temps et sur la nécessité de fortifier l'étude pratique par une vérification rigoureuse des pronostics ; il ne craint pas, avec juste raison, de décourager le lecteur par la publication des pourcentages de succès qui ont été obtenus pour des prévisions du temps s'étendant à une période de vingt-quatre heures. Après une expérience de plus d'une année, M. Rouch estime que deux ou trois mois de pratique suffisent pour pouvoir devenir apte à prévoir le temps avec autant d'exactitude que le météorologiste spécialiste. L'établissement d'un pronostic est d'autant plus facile que la prévision s'applique à une période plus courte, par exemple six ou huit heures après celle de la carte considérée ; c'est ce qui était fait généralement aux armées, où l'on établissait des cartes toutes les six heures. Pour une prévision à plus longue échéance, à vingt-quatre ou trente-six heures d'intervalle, il faut une pratique longue et continuelle qui seule permet de s'assimiler les multiples enchaînements des situations et leurs transformations et d'acquérir l'assurance nécessaire pour estimer le degré de certitude d'une prévision. Les pilotes auront toujours avantage à demander l'avis des météorologistes professionnels en leur indiquant toutes les conditions de l'expédition qu'ils désirent entreprendre.

G. Barbé,

Météorologiste au Bureau central météorologique.

Soubrier (Maurice), *Professeur suppléant d'Electricité industrielle au Conservatoire national des Arts et Métiers.* — **Précis d'Electricité générale et notions d'Electrotechnique.** — *1 vol. in-8° de 330 pages avec 143 fig.* (*Prix broché : 9 fr.*). *Librairie Delagrave, Paris*, 1919.

Dans ce Précis, M. Soubrier a heureusement condensé les notions d'Electricité générale nécessaires à qui veut aborder avec fruit l'étude des applications de l'électricité. Il n'a recherché l'originalité ni dans la conception, ni dans l'exposition, et son ouvrage ne diffère pas sensiblement, à cet égard, de ceux qui existent déjà. Il étudie successivement: les lois de Coulomb et leurs conséquences, la théorie du potentiel, les capacités et les condensateurs, les lois du courant électrique, les piles et les accumulateurs, le magnétisme, l'électromagnétisme, l'induction et les unités électriques. Les derniers chapitres, un peu brefs, à notre sens, pour les futurs techniciens auxquels s'adresse l'ouvrage, sont relatifs aux mesures électriques et à des généralités sur les dynamos à courant continu et les machines à courant alternatif.

Aussi bien l'originalité n'est pas ce qu'on cherche généralement dans un ouvrage d'enseignement quasi élémentaire. Le Précis de M. Soubrier possède la qualité qu'on apprécie le plus : la clarté. Signalons, comme particularité heureuse, les nombreux problèmes résolus intercalés dans le texte.

A. Boutarié.

Treadwell (F.P.), *Professeur à l'Ecole Polytechnique de Zurich.* — **Analyse quantitative.** *2e édition française, revue et refondue par* M. Boll. — *1 vol. de XX-811 pages avec 125 fig.* (*Prix cartonné : 33 fr.*). *Dunod et Pinat, éditeurs, Paris*, 1919.

La traduction de l'ouvrage classique de Treadwell par M. Boll est intéressante en ce que le traducteur a fait œuvre originale dans la façon de présenter les faits et l'exposé des méthodes. Au lieu de la sèche énumération des méthodes d'analyse, qui est souvent la caractéristique des ouvrages de ce genre, le traducteur a donné un certain développement aux notions théoriques de Chimie physique dont la connaissance est absolument indispensable pour la compréhension exacte des phénomènes servant de base aux opérations analytiques. A ce point de vue, l'ouvrage y gagne que sa lecture présente un vif intérêt.

L'utilité de disposer les symboles dans l'ordre anioncation, solution adoptée par le traducteur, est tout au moins discutable. Dans les méthodes d'analyse des gaz, nous avons été surpris de ne pas voir donner plus d'importance à la méthode, pourtant si intéressante, de dosage du méthane, de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone par combustion fractionnée sur l'oxyde de cuivre.

Des tables de logarithmes et d'antilogarithmes sont placées à la fin de l'ouvrage : elles suffisent pour effectuer la plupart des calculs d'analyses. Il serait à souhaiter que les chimistes prennent l'habitude de se servir des logarithmes dont l'emploi présente des avantages indiscutables.

M. Desmarets.

Langlois (M. G.). — **Contribution à l'étude des transpositions dans la série du camphène.** (*Thèse de doctorat*). — *1 vol. in-8° de 179 pages. Gauthier-Villars, éditeur, Paris*, 1919.

M. Langlois, ingénieur chimiste aux Fabriques de produits de Chimie organique « de Laire », a présenté le 7 juillet dernier ce travail devant la Faculté des Sciences de Besançon. L'importance du sujet nous a incité à en rédiger un court résumé pour les lecteurs de la *Revue*.

Le camphène ne se substitue que dans son chaînon non saturé à l'extrémité de sa double liaison semicyclique, c'est-à-dire dans la position ω. Par bromuration, l'auteur obtient le bromocamphène, qu'il convertit en nitrile et acide. Par l'intermédiaire du dérivé magnésien, il arrive également à ce même acide. Celui-ci, par pyrogénation, donne le camphène absolument pur, cristallisé. Le chlorure d'acide permet de préparer l'amide. L'action du trioxyméthylène sur le camphène en présence d'acide acétique conduit à l'acétate de l'alcool en C^{11}, que l'auteur transforme en aldéhyde et éther chlorhydrique. L'aldéhyde en C^{11}, traitée par les magnésiens gras, donne des alcools qui se déshydratent et produisent des carbures à deux doubles liaisons conjuguées. Par condensation avec l'acétone et l'éthylméthylcétone, elle donne des cétones homo et sesquiterpéniques. Tous les corps préparés ont été soumis à une oxydation normale pour déterminer leur constitution. Il y a coupure à la double liaison en camphénylone et en un autre tronçon qui dépend du point de départ.

Ces corps ont été étudiés sous le rapport de leur transposition. Le camphène subit facilement des transposition variées et réversibles : transposition dans le noyau du camphre, transposition en acide tricyclénique et en acide camphène-camphorique par l'intermédiaire du camphène endocyclique hypothétique. Ces transpositions sont ralenties ou empêchées par les substitutions en ω. Certaines ne peuvent plus être faites par oxydation ou chlorhydratation, mais seulement par bromhydratation. M. Langlois a préparé des termes qui présentent une faculté de transposition moyenne.

Signalons en outre l'autoxydation des carbures à deux doubles liaisons conjuguées et tout spécialement celle de l'éther-oxyde éthylique de l'alcool en C^{11}. Citons encore des composés qui contiennent deux noyaux camphéniques et indiquons que les sesquiterpènes et les cétones sesquiterpéniques préparées sont d'une série parallèle à ceux que l'on trouve dans l'essence de santal et dont la constitution n'est pas encore tout à fait établie.

Quiconque connaît la complexité du sujet appréciera l'importance de ce considérable travail.

Jh. Martinet,
Chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Besançon.

3° Sciences naturelles

Seward (A. C.), *Professeur de Botanique à l'Université de Cambridge.* — **Fossil Plants.** *Volume IV.* — *1 vol. demi-8° de XVI-544 p. avec 190 fig.* (*Prix relié : £ 1, 1 s.*). *Cambridge biological Series. Cambridge University Press*, 1919.

Bien que ne renfermant pas les Angiospermes, le traité de Paléobotanique de M. le Professeur Seward est assurément le plus complet et le plus moderne que nous possédions. Cet ouvrage jouit d'une égale renommée auprès des botanistes et des paléobotanistes; tous accueilleront avec satisfaction le 4e volume, qui termine la partie descriptive et qui est consacré aux Ginkgoales, aux Coniférales et aux Gnétales.

L'histoire des Ginkgoales donne lieu à peu de remarques nouvelles. Les *Whittleseya*, considérés jadis comme des feuilles de Ginkgoales primitives, sont tenus désormais pour des cloches ou disques mâles de Névroptéridées. L'ancienneté du groupe demeure certaine, mais son origine nous apparaît plus obscure. En tout état de cause, les relations des Ginkgoales avec les Coniférales semblent moins problématiques que leurs relations avec les Cordaïtales. M. Seward nous présente une classification rationnelle des Ginkgoales fossiles. Il traite successivement : 1° les genres qui appartiennent sûrement aux Ginkgoales; 2° ceux qui ne peuvent pas leur être rapportés sans restriction; 3° ceux qui occupent une position douteuse entre les Ginkgoales et les Coniférales ou les Cordaïtales. Parmi ces derniers, il faut citer les *Psygmophyllum*, les *Dicranophyllum* et les *Trichopitys*. L'extension verticale considérable et l'extraordinaire abondance de certains *Ginkgoites*,

comme *G. digitata* Brongn. et *G. adiantoides* Unger, sont soulignées par l'auteur.

La synthèse de nos connaissances sur les Coniférales fossiles donne au présent volume un intérêt de premier ordre. Comme les autres parties de l'ouvrage, elle est précédée d'un aperçu sur les types actuels et sur leur distribution géographique. L'auteur adopte la classification la plus conforme aux idées modernes, c'est-à-dire la subdivision des Coniférales en 9 familles; il tente ensuite de répartir les fossiles suivant leur maximum d'affinités par rapport à ces familles. Des difficultés considérables s'opposent toutefois à la détermination correcte et à la classification des restes de Conifères fossiles; cette observation s'applique aussi bien aux échantillons à structure conservée qu'aux empreintes. L'étude anatomique des Conifères en vue d'arriver à une caractérisation précise des familles et des genres a été poussée très loin. Malgré des efforts répétés, les limites dans lesquelles les données anatomiques peuvent être utilisées sans risque d'erreur demeurent vagues. De l'exposé de M. Seward deux constatations sont à retenir : 1° Variabilité des caractères les plus sûrs en apparence dans un même groupe, voire dans une même espèce, suivant l'âge ou suivant les rameaux considérés; 2° Répétition d'un même caractère dans des groupes très différents. Les caractères dits araucariens, par exemple, se retrouvent plus ou moins accentués dans le bois secondaire de types appartenant à d'autres familles que les Araucarinées. La classification des bois de Conifères fossiles n'est donc possible qu'en tenant compte de tous les caractères disponibles et n'est souvent qu'approximative. L'étude des rameaux et des cônes n'est pas moins décevante que celle des bois. Des rameaux offrant extérieurement les mêmes caractères peuvent appartenir à des familles très éloignées les unes des autres; quant aux cônes, il n'est pas possible de les classer, si l'on ne connaît pas dans une certaine mesure leur organisation interne.

Nul mieux que M. le Professeur Seward n'était qualifié pour traiter ce chapitre, l'un des plus ardus de la Paléobotanique. Nous pouvons dire qu'il s'est acquitté de sa tâche avec honneur et qu'il a grandement facilité à ses confrères l'accès de cette partie de la science. Son ouvrage sera pour eux un guide à la fois très complet et très sûr; car dans le choix des désignations, comme dans la description des principaux types publiés, l'auteur ne se départit à aucun moment des règles d'une critique sagace et prudente. Chemin faisant, M. Seward examine les problèmes, maintes fois discutés, de l'ancienneté relative des différentes familles des Coniférales et de la valeur morphologique de l'écaille femelle. Tous les faits connus tendent à démontrer que les Araucarinées ont une antiquité plus grande que les autres familles; cette opinion est celle de la plupart des spécialistes. Mais les relations des Araucarinées avec les Cordaïtées et les Ptéridospermées sont problématiques; un seul fait est bien établi, c'est l'analogie frappante des bois secondaires de Cordaïtes et d'*Araucaria*. M. Seward reste favorable à l'idée d'une dérivation possible des Araucarinées à partir des Lycopodinées; cette idée très séduisante demeure pourtant une simple vue de l'esprit.

Sur les Gnétales, on ne possède que peu de documents paléontologiques; il est inutile d'y insister.

En terminant, M. Seward explique pourquoi il a dû renoncer à s'occuper des Angiospermes dans le présent ouvrage : pour exposer, même très simplifié, l'ensemble de nos connaissances sur les Angiospermes fossiles, il faudrait passer en revue une masse énorme de publications; le travail considérable exigé par cette compilation ne donnerait cependant que des résultats de peu de valeur. Si l'on veut vraiment faire œuvre utile à cet égard, il est indispensable de reprendre l'étude des échantillons types et d'examiner soigneusement les caractères sur lesquels sont basées les déterminations originales. Un pareil travail n'est possible qu'avec le concours de botanistes connaissant admirablement les types modernes et rompus à toutes les difficultés de la Systématique. Il est clair que ceci ne pouvait rentrer dans le cadre d'un traité général de Paléobotanique; pour les Angiospermes, l'obligation de rédiger un traité spécial est manifeste.

M. Seward se propose de consacrer un volume supplémentaire à des considérations générales sur les différentes flores fossiles. Il prépare également une nouvelle édition du 1er volume, qui, remontant à 1898, et antérieur de 12 années au second, a besoin d'être sérieusement remanié.

Paul Bertrand,
Professeur à la Faculté des Sciences de Lille.

Publications du Département de l'Agriculture aux Indes Néerlandaises. — *Instituut voor Plantenziekten en Cultures* (Institut pour les maladies des plantes et les cultures). *Mededeelingen uit den Cultuurtuin* (Communications du Jardin d'expériences) : N° 8. **W. M. van Helten : Eenige gegevens over den oliepalm** (*Elaeis guineensis*) (Quelques données sur le palmier a huile). *1 broch. in-8° de 22 pages.* — N° 10-1. **W. M. van Helten : De opbrengst der oliepalmen in den Cultuurtuin in 1917** (Le rendement des palmiers a huile dans le jardin d'expériences en 1917). *1 broch. in-8° de 14 pages, Buitenzorg*, 1917-18.

Mededeelingen van het Algemeen Proefstation der A. V. R. O. S. (Communications de la Station expérimentale générale de l'Avros). *Algemeene Serie* (Série générale). N° 6. **A. A. L. Rutgers : Productiecyfers van oliepalmen** (Rendements des palmiers a huile). **F. C. van Heurn : Vetbepalingen by oliepalmvruchten** (Dosage des matières grasses dans les fruits du palmier a huile). *1 broch. in-8° de 51 pages avec 11 figures. Batavia*, 1919.

On s'applique depuis quelques années, dans les Indes Néerlandaises, à l'acclimatation du palmier à huile. A Buitenzorg (Java), on en trouve une plantation datant déjà de 1878, mais qui n'a pas toujours reçu les soins désirables, et qui de plus, comme l'*Elaeis* ne jouit pas d'une grande longévité, et peut ne plus donner de fruits déjà vers sa 38e année, n'a qu'une importance secondaire. Sur la côte orientale de Sumatra toutefois, abstraction faite de quelques allées de vieux arbres, une surface d'environ 4.000 hectares est couverte de palmiers à huile, dont les plus âgés ont 7 ans. Les données numériques, rassemblées avec soin par les auteurs, apprennent que la fructification varie énormément suivant les individus, tel arbre ne portant que deux régimes, par exemple, tandis que tel autre en fournit jusqu'à 36; en outre, le poids des régimes est sujet à des fluctuations considérables. Ceci ouvre un champ plein de promesses à la sélection. En moyenne, on constate qu'à Sumatra la production annuelle par arbre est de l'ordre suivant :

Palmiers de 5 à 10 ans :	12 régimes	donnant	24 kg.	de drupes			
— 11 à 30 —	10 —	—	75 —	—	—		
— 31 à 50 —	3 —	—	30 —	—	—		

Comme les meilleurs palmiers de la Côte d'Ivoire, suivant Chevalier, donnent l'un dans l'autre 65 kg. de fruits, on voit que les rendements asiatiques sont très satisfaisants.

Les arbres de Sumatra portent des drupes à péricarpe charnu très développé : 62 % du poids total; les amandes, débarrassées de l'endocarpe ligneux, constituent 8 % de ce poids. Dans la chair, la teneur en matière grasse est de 55 %, et de 50 % dans l'amande. Le rendement pratique pourra atteindre, quand les palmiers produiront leur maximum de régimes, près de 3.000 kg. d'huile de palme par hectare, plus 540 kg. d'huile extraite des amandes.

Les auteurs donnent de nombreux détails sur la culture de l'*Elaeis* et la fabrication de l'huile de palme. A signaler que la germination est lente et espacée; au bout de 3 mois, une petite partie seulement des graines

a levé ; il se passe un an au moins avant que les dernières aient donné des plantules, mais si les semences sont fraîches il en germe jusqu'à 95 %.

Ed. V.

Mededeelingen van het Algemeen Proefstation der A. V. R. O. S. (Communications de la Station expérimentale de l'Avros, ou Société pour la culture du caoutchouc dans l'Est de Sumatra)... N° 14. **J. G. J. A. Maas : Kiemproeven met Heveazaad** (Expériences sur la germination de la graine d'Hévéa). — *1 brochure in-8° de 61 pages. (Résumé en anglais.) Batavia*, 1918.

Comme le transport des graines d'*Hevea* a donné jusqu'ici de mauvais résultats, l'auteur a étudié les conditions dans lesquelles ces graines conservent leur vitalité. Le facteur principal dont il faut tenir compte, c'est qu'elles ne supportent pas la dessiccation. Au moment de la dissémination, l'amande est imbibée d'eau, car le péricarpe épais et ligneux de l'*Hevea* empêche l'évaporation des graines qui y sont renfermées. Exposées au vent, pendant cinq jours, des semences fraîches furent endommagées au point que leur pouvoir germinatif se trouva réduit à moins de la moitié, et encore à condition qu'elles fussent protégées contre le soleil : ce dernier tue les graines en un temps encore plus court ; mais dans ces dernières conditions elles perdent par jour de 7 à 14 % de leur poids. En moyenne, il semble qu'une perte d'eau de 1/2 gramme par graine soit déjà fatale, le poids moyen étant de 4,40 grammes.

L'expédition des graines d'*Hevea* doit donc se faire dans un lit de matière poreuse et humide, si bien emballée que même au cours d'un long voyage elle ne se dessèche pas. Cependant, on ne peut expédier en vase clos, car les semences respirent, bien que lentement, et sont tuées si l'oxygène fait défaut. L'auteur recommande un mélange de poudre de coques de noix de coco et de charbon de bois, et donne du reste un grand nombre d'autres conseils pratiques sur le traitement des graines et le semis.

Ed. V.

Mission française en Australie (septembre-décembre 1918). — **Les Relations économiques de la France et de l'Australie.** — *1 vol. in-8° de 186 p. Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, Paris*, 1919.

Mission française en Nouvelle-Zélande (janvier 1919). — **Les Relations économiques de la France et de la Nouvelle-Zélande.** — *1 vol. in-8° de 98 p. Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, Paris*, 1919.

La guerre a provoqué des transformations économiques considérables dans tous les pays non belligérants ; leurs exportations se sont réduites aux marchandises destinées à satisfaire les besoins essentiels des nations en guerre, et des industries nouvelles se sont créées pour suppléer les produits manufacturés que l'Europe ne pouvait plus leur fournir. L'Australie et la Nouvelle-Zélande se sont trouvées handicapées par leur éloignement et ont été obligées de stocker une partie de leurs deux principales spécialités agricoles : le blé et la viande frigorifiée. La crise de l'or et la difficulté d'importer ont porté ces deux Dominions vers la recherche des métaux usuels et vers les industries métallurgiques, l'électro-métallurgie du zinc en Tasmanie, les fonderies et raffineries de cuivre, plomb, argent, les industries mécaniques, la construction navale, la quincaillerie, l'appareillage électrique, le tissage de la laine, la bonneterie, etc. ; la seule entrave à cet essor industriel étant le manque de main-d'œuvre adaptée.

Les deux Rapports de la Mission française renferment un exposé très clair de cette évolution, précédé de considérations générales sur les deux pays. Les relations commerciales extérieures sont étudiées ensuite, principalement au point de vue français. Nous sommes de gros acheteurs, surtout en Australie, où nous venons au second rang, après l'Angleterre, tandis que nous n'avions que la septième place en Nouvelle-Zélande, avant la guerre. Nos ventes, au contraire, restaient très faibles, bien que quantité de nos articles soient susceptibles de débouchés intéressants. Les raisons en sont très clairement exposées dans les Rapports de la Mission, qui les résument ainsi : développement de relations maritimes directes ; représentation directe des produits français ; organisation efficace de notre publicité ; création d'un Office de renseignements.

Pierre Clerget.

4° Sciences diverses

Lecat (Maurice), *Docteur ès sciences.* — **Pensées sur la Science, la Guerre et des sujets très variés** (glanées par...). — *1 vol. gr. in-8° de VII-478 pages (Prix : 32 fr.). M. Lamertin, 58-62, rue Coudenberg, Bruxelles*, 1919 (*déc.*).

Cet ouvrage, nous raconte l'auteur dans sa Préface, est le fruit de lectures faites presque chaque soir, depuis une vingtaine d'années, et de la transcription des passages caractéristiques qui ont le plus frappé son esprit. M. Lecat était ainsi parvenu à rassembler environ 123.500 fiches, que des loisirs créés par la guerre lui ont permis de classer, et dont il nous donne aujourd'hui un extrait, comprenant environ 15.000 d'entre elles.

Pour ce qui est de la disposition du recueil, l'auteur a placé en tête les pensées relatives à la *science* en général, puis au *savoir* et aux *savants ;* il les a fait suivre de celles qui se rapportent aux diverses sciences particulières, en prenant ce terme dans son sens le plus étendu puisqu'il inclut la religion, la morale, la philosophie, l'histoire, etc. Viennent ensuite des jugements sur un certain nombre de grands savants, suivis — et c'est là la majeure partie du livre — de pensées sur les sujets les plus variés, classés par ordre alphabétique. Les extraits relatifs à la guerre en général, et à la dernière en particulier, ainsi qu'aux peuples qu'elle a dressés les uns contre les autres, y occupent une place importante. Sous chaque titre, les citations sont rangées par ordre chronologique, ce qui permet souvent de se rendre compte de l'évolution des idées sur une même question. Deux tables, une table analytique des matières et une table alphabétique des auteurs cités, permettent une consultation facile et rapide de ce gros volume.

L'écueil d'une compilation de ce genre était double : d'abord l'auteur aurait pu être entraîné par l'orientation habituelle de sa pensée ou ses goûts personnels à lire tels ouvrages à l'exclusion de tels autres ; ensuite, on pouvait craindre qu'il n'y choisît que ce qui était plus ou moins conforme à ses propres opinions. M. Lecat paraît avoir évité, dans une grande mesure, ces deux obstacles : ses auteurs, de l'antiquité jusqu'à nos jours, sont d'une extraordinaire variété (on n'en compte pas moins de 1.985), et dans le choix de leurs extraits il a tenu à s'inspirer de l'impartialité la plus rigoureuse, citant non toujours ce qui lui a paru juste, mais ce qui était typique ou intéressant au point de vue documentaire. Ajoutons, cependant, que M. Lecat, qui est un spiritualiste convaincu et un adversaire du chauvinisme étroit et haineux, n'a pu résister au désir d'accompagner certaines de ces citations d'une appréciation personnelle, parfois assez vive.

Cet ouvrage est surtout destiné à servir d'instrument de travail pour les personnes cultivées, qui ont l'occasion de parler ou d'écrire ; mais il constitue aussi une lecture agréable (le rapprochement d'opinions diverses sur les mêmes sujets, et parfois des opinions successives d'une personne sur la même question, ne manque pas d'intérêt, voire de piquant) et utile : le commerce des belles pensées, comme le dit l'auteur, ne pouvant que développer l'esprit et fortifier le jugement.

Louis Brunet.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 19 Janvier 1920

1° Sciences mathématiques. — M. **Jean Villey** : *Les moteurs à explosions pour atmosphères raréfiées.* On peut adapter spécialement les moteurs d'aviation au fonctionnement en atmosphères raréfiées : 1° en remplaçant le coefficient volumétrique de compression du moteur normal par le plus grand coefficient compatible avec le fonctionnement correct à l'altitude donnée ; on obtient ainsi les moteurs surcomprimés (A) et les moteurs à compression variable (B) ; 2° augmenter le volume de la cylindrée dans le rapport inverse des densités de l'air : moteurs allégés (C), ou forcer artificiellement le remplissage au moyen d'un compresseur : moteurs suralimentés (D). En comparant les couples massiques réalisables, à partir d'un même moteur normal de 500 HP environ, on a pour l'altitude 5.300 m. : moteur normal, 1 ; A et B, 1,24 ; C, 1,88 ; D, 1,66.

2° Sciences physiques. — M. **G. Claude** : *Sur les avantages de la synthèse de l'ammoniac aux pressions très élevées.* La synthèse de l'ammoniac à 1.000 atm. au lieu de 200, quoiqu'elle augmente le travail de compression, présente d'autre part des avantages importants : 1° diminution considérable du nombre de passages sur le catalyseur ; 2° enlèvement facile de l'ammoniac formé après chaque catalyse partielle : un simple refroidissement par l'eau suffit ; 3° obtention de l'ammoniac sous forme liquéfiée et non en solution aqueuse ; 4° économie dans la dépense d'énergie nécessaire pour recomprimer les gaz après chaque catalyse partielle. — M. **W. A. Noyes jr** : *Sur la polarisation dans les solutions de fer.* La formule de Nernst ne s'applique pas à la polarisation des solutions ferreuses, mais indique néanmoins des valeurs proportionnelles aux valeurs expérimentales (le coefficient A étant à peu près 10 fois plus grand). — MM. **C. Matignon** et **E. Monnet** : *Oxydation réversible de l'azotite de sodium.* Le passage de l'azotite de sodium à l'azotate, par oxydation directe, est bien, comme on pouvait le prévoir, une réaction réversible. Cette réaction, pour devenir pratique, demanderait à être activée par l'emploi d'un bon catalyseur qui permettrait d'opérer à la pression atmosphérique ou sous pression très réduite. — M. **G. Chaudron** : *Réaction réversible de l'eau sur le molybdène.* L'auteur a étudié le système (vapeur d'eau-molybdène-bioxyde de molybdène) et mesuré $K = pH^2O/pH^2$ à des températures variant entre 700° et 1.100°, en partant soit de Mo, soit de MoO^2. En portant en abscisses les valeurs de 1/T et en ordonnées les log K correspondants, les différents points obtenus s'alignent dans l'intervalle de température considéré.

3° Sciences naturelles. — M. **Ch. Depéret** : *Essai de coordination chronologique générale des temps quaternaires.* L'auteur attribue au Sicilien dans les Iles Britanniques le Forest-bed, la couche à *Yoldia myalis* et les blocs anguleux d'argiles et de sables marins intercalés à l'état erratique dans l'argile de base du Boulder-clay inférieur de la côte du Holderness. Sur la côte orientale de la mer du Nord et sur les côtes baltiques allemandes, on retrouve l'étage sicilien avec des caractères semblables à ceux de l'Est de l'Angleterre, mais avec cette différence qu'ici il recouvre en quelques rares points une moraine de fond d'âge scanien-günzien, et qu'il occupe ainsi une position interglaciaire. Dans les contrées de l'extrême nord de l'Europe (massif finno-scandinave), on n'a signalé aucun dépôt comparable aux précédents. — M. **F. Kerforne** : *Quelques observations sur la mer redonienne de Bretagne.* 1° Après le dépôt des faluns vindoboniens, il y a eu une période continentale pendant laquelle il s'est établi en certains endroits des tourbières, comme l'indique la présence dans les dépôts redoniens de parties ligniteuses, évidemment remaniées. Sans doute à ce moment l'érosion a commencé à attaquer les faluns. 2° La mer redonienne, à l'inverse de la mer vindobonienne, est venue du Sud, comme l'indique la présence à la base des dépôts de galets de grès dont l'origine ne peut être cherchée que dans les grès armoricains des environs de Laillé. Elle s'est étendue, en remaniant les formations continentales existantes, sur une surface où affleuraient, suivant les localités, les terrains primaires, le Rupélien ou les faluns. — MM. **Edmond Gain** et **André Gain** : *Différences thermiques de l'ubac à l'adret d'une vallée lacustre.* Le profil thermique N-S, perpendiculaire à l'axe E-W, de la vallée lacustre de Gérardmer a présenté les particularités suivantes en période estivale et sèche prolongée : 1° masse d'eau lacustre ayant en surface une température très supérieure à celle des sols des deux versants de la vallée ; cet excédent peut atteindre 4° à 6° ; 2° températures de l'ubac et de l'adret présentant des différences d'environ 1° C. dans les sols et dans les eaux, en des points correspondants ; 3° refroidissement du sol sur les deux rives, mais plus accentué à l'ubac qu'à l'adret, avec une différence qui peut atteindre à l'ubac jusqu'à 5° ou 6° au-dessous de la température des eaux du lac ; 4° les eaux et les sols les plus froids sont situés sur la rive du lac en un point de l'ubac, et cela malgré la masse chaude des eaux du lac qui doit tendre, en été, à réchauffer l'ubac. — M. **H. Coupin** : *Sur les causes de l'élongation de la tige des plantes étiolées.* Il semble que, si les plantules obtenues à la lumière sont naines par rapport à celles ayant poussé à l'obscurité, c'est que, du fait de la fonction chlorophyllienne qui peut s'effectuer grâce à leurs chloroleucites, ceux-ci, par une véritable sécrétion interne, déversent dans le végétal une substance qui en ralentit la croissance. Inversement, si les plantes étiolées ont de longues tiges, cela est dû à ce qu'elles ne peuvent assimiler, pour la double raison qu'elles n'ont pas de chloroleucites et qu'elles ne reçoivent pas de rayons lumineux. — M. **A. Guilliermond** : *Sur l'évolution du chondriome dans la cellule végétale.* Ce que l'on désigne sous le nom de chondriome serait constitué par des variétés distinctes de mitochondries, morphologiquement semblables, mais prédestinées à des fonctions spéciales et conservant chacune son individualité au cours du développement. Les plastides représenteraient l'une de ces variétés. Il est fort possible qu'il en soit de même dans la cellule animale, où les travaux de Regaud tendent à démontrer qu'il existe plusieurs catégories distinctes de mitochondries. — M. **G. Mangenot** : *Sur l'évolution du chondriome et des plastes chez les Fucacées.* Elle est caractérisée par les particularités suivantes : persistance des phæoplastes pendant tout le développement de la plante ; mais les phæoplastes des tissus jeunes et des organes reproducteurs sont de petite taille, très sensibles aux agents chimiques ; ils diffèrent nettement des phæoplastes volumineux qui se constituent à leurs dépens pour aller remplir les cellules assimilatrices de la périphérie. A côté de ces plastes, il existe, dans toutes les cellules, un chondriome formé exclusivement de mitochondries granuleuses et dont les fonctions demeurent encore inconnues. — M. **R. Mirande** : *Sur le carmin aluné et son emploi, combiné avec celui du vert d'iode, en Histologie végétale.* Le carmin aluné doit être considéré comme un colorant des composés pectiques, et non de la cellulose, comme on le pense généralement. Toutefois il est loin de valoir comme colorant des substances pectiques le rouge de ruthénium de Mangin. Combiné avec le vert d'iode, il fournit une différenciation commode entre les

tissus lignifiés ou non, le vert d'iode se fixant fortement sur les premiers. — M. **G. Arnaud** : *La famille des Parodiellinacées (Pyrénomycètes).* L'auteur a créé cette famille en rapprochant un certain nombre d'espèces, dispersées jusque-là dans divers groupes de Pyrénomycètes, et en les groupant autour de 4 genres, formant autant de tribus : Bagnisiopsidées, Parodiellinées, Parodiopsidées, Erysiphées. Les Parodiellinacées paraissent avoir subi une évolution morphologiquement analogue à celle des Microthyriacées, mais avec une adaptation secondaire des formes à mycélium externe à un climat relativement sec. Dans cette hypothèse, les Erysiphées représentent les termes les plus évolués de la série. — MM. **A. Marie** et **Léon Mac-Auliffe** : *Etude anthropométrique de 136 Tunisiens indigènes.* La taille moyenne est de 1,681 m., l'indice céphalique de 75,12. Il y a, pour 100 : 1,47 hyperbrachycéphales, 4,4 brachycéphales, 48,12 mésocéphales et 45,51 dolichocéphales. La proportion d'iris pigmentés de châtain ou de marron est de 94,09 %. Dans cette race en majorité dolichocéphale, le corps s'allonge en raison directe de la dolichocéphalie. — M. **J. Pellegrin** : *Sur des ossements sub-fossiles de Poissons des Pays-Bas du Tchad et leur signification.* Des matériaux étudiés, il résulte qu'à une époque relativement proche, le régime hydrographique des régions aujourd'hui arides et desséchées s'étendant au N et au NE du Tchad était complètement différent de ce qu'il est aujourd'hui. Seule, en effet, une série de grands lacs pouvait abriter des Poissons de forte taille comme les *Lates*, qui exigent pour subsister de vastes étendues d'eau. Actuellement ces grosses espèces ne se rencontrent plus que dans le Tchad lui-même ou ses affluents du S ou de l'W.

Séance du 26 *Janvier* 1920

1° Sciences physiques. — M. **Eug. Mesnard** : *Les lunaisons et les périodes pluvieuses.* D'après l'auteur, l'intervention de la Lune et du Soleil dans la production des phénomènes météorologiques, en particulier de la pluie, n'est pas douteuse. Certains faits permettent même de supposer que des radiations lunaires et solaires, associées lors des syzygies, peuvent déterminer la production en quelque sorte accidentelle des phénomènes excitateurs des perturbations météorologiques, soit directement, soit par l'intermédiaire de formations cycloniques capables de déterminer par leur passage des variations dans le champ magnétique terrestre. — MM. **Léon** et **Eug. Bloch** : *Dispositif spectrographique pour l'étude de l'ultraviolet extrême.* Le spectrographe se compose essentiellement d'un prisme de Broca-Pellin à déviation constante, associé à deux lentilles de fluorine de 28 mm. d'ouverture et 12 cm. de foyer. Le vide y est fait à l'aide d'une pompe de Gaede jusqu'à moins de 1/1000 de mm. Les mesures ont été faites en photographiant sur le même cliché le spectre d'étincelles du métal étudié et celui d'un métal de comparaison ; les raies inconnues ont été calculées, après mesure au comparateur, par interpolation hyperbolique entre trois raies étalon consécutives. — M. **Eug. Wourtzel** : *Sur la vitesse de l'oxydation du bioxyde d'azote.* Dans tous les cas étudiés, dès le début et jusqu'à la fin de l'expérience, l'oxydation du bioxyde d'azote suit l'équation d'une réaction de 3e ordre. En particulier, la marche de la réaction ne subit aucune modification notable lorsque l'oxyde azotique est à moitié transformé. L'anhydride nitreux gazeux est bien un produit ultérieur de la réaction, et non son produit intermédiaire. La vitesse de la réaction diminue quand la température s'élève. — M. **C. Matignon** et Mlle **G. Marchal** : *Sur quelques propriétés du nitrite de sodium.* Son point de fusion exact est de 276°,9. Chaleur de dissolution moléculaire, — 3,52 cal. vers 20°. Chaleur de neutralisation (en partant de NO^2H et NaOH dissous), + 11,1 cal. Chaleur de formation (en partant de N et O gazeux et Na solide), + 88,52 cal. Les auteurs ont vainement cherché à oxyder directement la solution de nitrite de sodium, même en présence d'un catalyseur oxydant. — MM. **Griffon du Bellay** et **Houdard** : *Sur les propriétés chimiques de l'humus et leur utilisation pour la protection des combattants contre les gaz asphyxiants.* La terre retient le bromure de benzyle, le chlore et l'oxychlorure de carbone. Ce pouvoir absorbant, presque nul pour la terre sablonneuse, croît proportionnellement à la quantité de débris végétaux contenus dans le sol. Le phénomène est d'ordre chimique et exothermique. La fixation des gaz est facilitée par l'humidité. En se basant sur ces données, on a préparé des filtres de terre bien ameublie qui ont servi à protéger les combattants dans les abris.

2° Sciences naturelles. — M. **F. La Porte** : *Les plages de Gâvre et de Penthièvre (Morbihan).* Le levé d'un plan directeur du polygone de Gâvre en 1918, et sa comparaison avec le levé de la côte effectué en 1821, ont permis de constater qu'entre la pointe de Gâvre et la rivière d'Etel, sur une longueur de 12 km., la ligne de côte, bordée de petites dunes de faible hauteur, a subi depuis 1821 un recul général vers l'intérieur des terres ; ce recul est en moyenne de 30 à 40 m. ; il atteint en certains points 50 et même 60 m. A l'est de la rivière d'Etel, les plages présentent un caractère de stabilité très remarquable. — M. **E. Surgis** : *Contribution à l'étude des Frankéniacées.* L'auteur propose de constituer cette famille avec les cinq genres : 1° *Niederleinia*, dont Spegazzini avait nié l'existence, mais qui se distingue nettement du genre *Frankenia* auquel il voulait le rattacher ; 2° *Hypericopsis* ; 3° *Beassonia* ; 4° *Anthobryum*, créé par Philippi et placé par lui dans les Primulacées, mais qui est bien une Frankéniacée et dans lequel l'auteur incorpore le *Frankenia triandra* ; 5° *Frankenia*, qui ne comprend plus que les espèces à 2 + 2 ou 3 + 3 étamines. — M. **A. Vandel** : *Le développement de l'appareil copulateur des Planaires.* En se basant sur l'étude des phénomènes de régénération, l'auteur conclut que les glandes génitales contenues dans la partie antérieure des Planaires jouent un rôle important dans la régénération et le développement des organes copulateurs. Il est probable que ce sont les testicules qui jouent ici le rôle principal ; ils agiraient par l'intermédiaire d'une hormone. — M. **L. Léger** : *Jeunes stades d'eau douce et biologie de la Lamproie marine.* Les observations et déductions de l'auteur permettent de distinguer, dans la vie normale de la Lamproie marine qui remonte nos cours d'eau du centre, trois périodes : 1° *Période larvaire* en eau douce, longue de plusieurs années (au moins 4 ou 5), avec régime mixte (micro-organismes végétaux et animaux) et se terminant par la métamorphose donnant de jeunes Lamproies de 16 à 20 cm. ayant déjà les caractères de l'adulte, qui gagnent la mer en fin d'automne avec les convois d'Anguilles en migration de descente. 2° *Période de croissance* en mer, à régime carnassier parasitaire, vraisemblablement plus courte, si l'on en juge par la croissance si rapide des autres poissons potamotoques, tels que le Saumon, et aboutissant au stade adulte sexuel. 3° *Période sexuelle*, à alimentation ralentie et bientôt nulle, marquée par le début de leur retour dans les fleuves, souvent avec les convois d'Aloses ou de Saumons, et plus courte encore que la précédente. — MM. **F. Widal** et **Pasteur Vallery-Radot** : *Anaphylaxie à l'antipyrine après une longue phase de sensibilisation. Désensibilisation.* Les auteurs signalent le cas suivant : une femme atteinte de migraines persistantes, qui avait pris pendant 9 ans des cachets d'antipyrine à chaque migraine, présentait, après l'absorption de chaque cachet, des accidents cutanés de nature anaphylactique, qui ont continué pendant 9 autres années. Au bout de 7 ans d'interruption de cette médication, la malade était toujours anaphylactisée à l'antipyrine, l'érythème s'étant reproduit après l'absorption d'un cachet ; cette sensibilisation était spécifique, d'autres médicaments ne produisant pas de réaction. Les auteurs ont obtenu en 2 mois la désensibilisation de cette malade par la méthode d'antianaphylaxie de MM. Pagniez et Widal : absorption de doses

minimes de 3, 2, 1 ou 0,5 cgr. d'antipyrine une heure avant l'ingestion de dosses massives de 25 ou 50 cgr.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 20 Janvier 1920

M. **Ch. Achard** : *Encéphalite léthargique et réaction méningée.* L'auteur a observé deux cas d'encéphalite léthargique avec très forte lymphocytose, ce qui montre qu'à l'encéphalite peut s'ajouter une réaction méningée non purulente, de l'ordre de celle qu'on voit souvent dans les oreillons. On ne doit donc pas rejeter le diagnostic d'encéphalite léthargique parce que l'on constate une réaction méningée lymphocytaire, ni porter le diagnostic de méningite tuberculeuse auquel on serait parfois tenté de songer. La recrudescence de l'encéphalite léthargique paraît coïncider avec celle de la grippe. — M. **A. Sartory** : *Toxicité du champignon* Tricholoma tigrinum *Sch.* (T. pardinum *Q.*). Le *Tricholoma tigrinum* est commun dans la région de Neuchâtel (Suisse) et croît aussi en Alsace, dans les sapinières et forêts d'espèces mélangées. Il peut être confondu avec des espèces voisines, appartenant toutes au groupe du *Tr. terreum* Sch.; ces confusions sont regrettables, d'autant plus que le *T. tigrinum* est *vénéneux*, tandis que les espèces du groupe *terreum* sont *comestibles*. De nombreux cas d'empoisonnement ont été signalés en Suisse et récemment en Alsace. D'après les expériences de l'auteur, la toxicité du *T. tigrinum* est voisine de celle de l'*Entoloma lividum*.

Séance du 27 Janvier 1920

MM. **Lesbre** et **J. Lignières** sont élus Correspondants nationaux dans la Division de Médecine vétérinaire.

M. **E. Doumer** : *Traitement des ostéites tuberculeuses par les courants de haute fréquence et de haute tension.* Les recherches de l'auteur ont porté sur une vingtaine de cas. Tous les malades ont été soumis à l'action de champs électrostatiques oscillants puissants, d'un voltage supérieur à 80.000 volts avec des oscillations variant de 800.000 à 1.000.000 à la seconde. La durée des séances était de 10 minutes, et suivant les cas ces séances étaient quotidiennes ou trihebdomadaires. A côté de quelques insuccès, l'auteur a obtenu des résultats encourageants et plusieurs guérisons complètes. — M. **Aug. Lumière** : *Sur les accidents polynévritiques et cérébelleux chez le pigeon soumis au régime du riz décortiqué.* L'auteur a constaté, chez les pigeons soumis au régime exclusif du riz décortiqué, à côté d'accidents nerveux variables, des troubles gastro-intestinaux se traduisant par une diarrhée glaireuse, presque toujours verte. Celle-ci est due à l'état de sous-alimentation du pigeon, car elle se reproduit toutes les fois que l'oiseau reçoit une nourriture insuffisante, même riche en vitamines. Les troubles intestinaux et l'état d'inanition des pigeons traités semblent au moins partiellement responsables de manifestations mises jusqu'ici, directement et uniquement, sur le compte de la privation de vitamines.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 17 Janvier 1920

M. **Ed. Retterer** : *Des conditions mécaniques qui président au développement et à l'évolution de plusieurs variétés de cartilage.* L'état vésiculeux, fibro-cartilagineux, cartilagineux ou osseux du tissu de soutien est en relation directe avec la fréquence ou l'intensité des excitations mécaniques. Ainsi le nodule sous-cuboïdien du tendon du long péronier latéral est *conjonctif* ou *fibreux* chez les enfants ou les individus à profession sédentaire; il devient *vésiculo-fibreux* chez le plus grand nombre des adultes; mais il se transforme en sésamoïde *cartilagineux* ou *osseux* chez ceux dont les membres inférieurs exécutent des mouvements répétés et énergiques. Les pièces squelettiques de la face évoluent différemment pour les mêmes raisons : la branche montante du maxillaire inférieur et le squelette de l'aile du nez commencent par être formés de tissu vésiculaire de soutien et de cartilage hyalin. Dans l'aile du nez, le cartilage persiste parce qu'il ne supporte que peu de pression, tandis que le cartilage de la branche montante du maxillaire, soumis à de fortes pressions, évolue en tissu osseux. — MM. **H. Cardot** et **H. Laugier** : *Excitation des nerfs par ouverture de courants galvaniques.* Les physiologistes qui ont étudié l'excitation qui se produit à l'ouverture d'un courant continu ont été unanimes à signaler la variabilité de son seuil, au cours de déterminations successives. En utilisant comme courants décalants des courants à ouverture progressive, — c'est-à-dire des courants dans lesquels le retour de l'intensité au zéro étant ralenti par des condensateurs convenables placés en dérivation sur les électrodes, aucune excitation d'ouverture ne prend naissance, — les auteurs ont constaté que ces courants font du décalage d'une façon extrêmement nette. Ce décalage est donc lié aux processus physico-chimiques qui se développent dans le nerf sous le passage du courant décalant, et non à l'excitation d'ouverture produite par ce courant même. L'amplitude du décalage est fonction de l'intensité du courant décalant. L'abaissement du seuil d'ouverture après un passage de courant est un phénomène temporaire, qui disparaît peu à peu et spontanément. — MM. **A. Tournade** et **G. Giraud** : *Ondulations de pression artérielle et pression artérielle négative observées pendant l'excitation centrifuge du vague.* L'excitation centrifuge du vague constitue un moyen de dissociation précieux pour l'étude des facteurs cardiaque et respiratoire de la pression artérielle et l'analyse de leurs effets respectifs : la contraction du cœur suspendue, seules persistent, dégagées de toute influence antagoniste ou interférente, les actions mécaniques des mouvements du thorax et de l'élasticité pulmonaire. Il est facile d'obtenir de la sorte les ondulations de pression du 2e ordre à l'état pur, débarrassées des oscillations cardiaques qui normalement les accidentent. On peut enregistrer dans les mêmes conditions des pressions négatives, d'ordre respiratoire, à l'intérieur du système aortique, dues à l'action aspiratrice à renforcement inspiratoire que l'élasticité pulmonaire exerce sur la portion originelle de l'aorte détendue. — MM. **A. Tournade** et **L. Marchand** : *Le chlorure de baryum, excitant chimique de la contraction, exerce-t-il son action sur le muscle ou le nerf moteur?* 1° Le chlorure de baryum se comporte comme un excitant chimique avéré aussi bien de la musculature squelettique que du myocarde. 2° C'est par l'intermédiaire des fibres nerveuses centrifuges et de leurs terminaisons, et non par excitation directe de l'élément contractile, que $BaCl^2$ stimule l'activité de la musculature squelettique, puisqu'il perd tout pouvoir sur le muscle énervé par curarisation ou dégénérescence. 3° Dans la mesure où le raisonnement par analogie reste légitime, on doit admettre que, si $BaCl^2$ réveille et entretient les propriétés rythmiques de la pointe du cœur, c'est en exerçant une action excitatrice sur les terminaisons nerveuses du myocarde et non sur le myocarde même.

Séance du 24 Janvier 1920

MM. **Ch. Nicolle** et **E. Conseil** : *La virulence du sang des rougeoleux.* D'après des expériences récentes de Sellards, il serait impossible de transmettre la rougeole par inoculation du sang d'enfants malades à des enfants sains. Les auteurs, au contraire, ont réalisé dans une série d'expériences : le passage positif du virus du sang d'un rougeoleux à un singe, du sang de ce singe à deux autres singes, et à un enfant, du sang de ce second enfant à deux autres singes. Le sang des rougeoleux doit donc bien être tenu pour virulent. — M. **R. Goiffon** : *Une réaction de la stercobiline permettant son dosage colorimétrique.* La bilirubine déversée par les

voies biliaires dans l'intestin se transforme normalement par réduction en stercobiline, vers la région iléo-cœcale. Celle-ci peut être caractérisée par la formation d'une substance rouge brique en présence d'une solution de sublimé. L'auteur est parvenu à extraire des fèces ce composé coloré par addition d'ammoniaque. Avec la solution, on peut doser colorimétriquement la stercobiline par comparaison avec une solution étalon de chlorure de cobalt. — MM. **G. Mouriquand** et **P. Michel** : *Le scorbut expérimental du cobaye est-il dû à la constipation ?* Mac Collum et Pitz, étudiant le scorbut expérimental chez le cobaye, l'ont attribué non à une carence alimentaire, mais à la simple rétention cœcale. Les auteurs ont soumis cette conception à l'expérimentation, et ils ont reconnu que ni la purgation, ni la désinfection intestinale ne protègent le cobaye contre le scorbut, quand on le nourrit exclusivement à l'orge. Celui-ci n'est donc pas dû à la constipation ; il reste une maladie par carence.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 16 *Janvier* 1920

M. G. Bruhat : *Séparateurs de radiations et spectropolarimètres.* Les lumières monochromatiques nécessaires aux mesures de dispersion rotatoire de précision doivent toujours être produites, à partir d'une source de lumière blanche, par séparation spectrale, à l'exclusion de l'emploi des filtres à radiations. Un spectropolarimètre se compose donc d'un séparateur de radiations et d'un polarimètre. Le séparateur de radiations est constitué par une première fente, que l'on éclaire par une image de la source blanche, par un système de prismes et de lentilles, qui donne un spectre pur, et par une deuxième fente, qui ne laisse passer que la partie que l'on désire employer de ce spectre. En déplaçant cette seconde fente dans le spectre, on fait varier à volonté la longueur d'onde employée ; il est d'ailleurs commode d'employer un séparateur de radiations à déviation constante : dans l'appareil présenté, le faisceau lumineux subit une réflexion qui lui fait traverser une seconde fois le système de prismes, et il suffit de tourner le miroir sur lequel il est réfléchi pour faire défiler tout le spectre sur la seconde fente fixe. Pour obtenir le maximum de lumière utilisable aux mesures polarimétriques, le polarimètre doit être disposé de telle sorte que les images des diaphragmes qui limitent le faisceau dans le séparateur de radiations se fassent sur les diaphragmes qui limitent le faisceau dans le polarimètre. Un système de deux lentilles, placé entre le séparateur de radiations et le polarimètre, donne du prisme une image qui se forme sur les plages, et de la seconde fente une image qui se forme sur l'anneau oculaire. Les deux fentes sont des fentes de largeur variable. Si l'on part de deux fentes très étroites, on admet dans le polarimètre une bande spectrale de largeur très faible, mais en même temps très peu de lumière. Si l'on élargit les fentes, on augmente la largeur de la bande spectrale employée, donc on diminue la précision de la mesure de la longueur d'onde, et l'on augmente la quantité de lumière admise, donc on augmente la précision des mesures polarimétriques. Le calcul montre qu'on obtient les meilleurs résultats en maintenant les deux fentes égales. Mais il vient un moment où la seconde fente a une largeur d_0 telle que son image couvre entièrement la pupille de l'œil : il est dès lors inutile, et même nuisible, de l'ouvrir davantage. Si l'on veut encore augmenter la lumière, on ouvrira simplement la première fente. Il y a donc un réglage particulier des largeurs des fentes à considérer : c'est celui pour lequel les deux fentes sont égales, et ont la largeur d_0 qui correspond à l'utilisation complète de la pupille. C'est le réglage normal d'emploi du spectropolarimètre ; il n'est pas possible de s'en écarter beaucoup. Si l'on veut ouvrir davantage la première fente, pour employer des bandes plus larges, avec davantage de lumière, on est très vite arrêté par les difficultés de montage géométrique que l'on rencontre pour éclairer régulièrement une fente très large. Si l'on veut rétrécir les fentes, pour employer des lumières plus pures, le calcul montre que la quantité de lumière admise dans le polarimètre diminue plus vite que la largeur de la bande spectrale employée (comme son carré), et que par conséquent la précision des mesures polarimétriques diminue plus vite que si l'on augmentait la pureté en augmentant la dispersion du séparateur de radiations. La largeur de la bande spectrale obtenue dans ces conditions (les deux fentes égales à d_0) est donc une caractéristique importante du spectropolarimètre. C'est la *largeur de bande caractéristique* de l'appareil ; c'est celle que l'on emploiera normalement ; les réglages possibles de la largeur des fentes devront permettre d'employer des largeurs allant par exemple de trois fois la largeur caractéristique au tiers de cette largeur, sans qu'il y ait lieu de chercher la possibilité d'utiliser des fentes fines : la grande pureté des lumières employées doit être recherchée par une augmentation de la dispersion, et non pas par un rétrécissement des fentes. Dans l'appareil présenté, la largeur du faisceau, à la sortie du train de prismes, est de 22^{mm} ; la distance focale de la lentille du séparateur de radiations (lentille unique traversée deux fois) est de 150^{cm}. La largeur normale des fentes est de 4^{mm}, correspondant à une largeur de bande caractéristique de 45 A. dans le vert. On peut, dans cette région, employer des bandes de 15 A., et, avec la lumière du Soleil, obtenir des pointés polarimétriques à $^1/_4$ de minute près (avec un polarimètre type Lippich et une pénombre de 1°).

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 23 *Janvier* 1920

MM. **Ch. Moureu** et **Ch. Dufraisse** : *Sur les altérations spontanées de l'acroléine* (voir la *Revue*, t. XXX, p. 635, 663, 695, 725 ; t. XXXI, p. 60). — MM. **L. Maquenne** et **E. Demoussy** : *Le cuivre dans la terre et dans les plantes* (voir la *Revue*, t. XXX, p. 223, 696 ; t. XXXI, p. 62). — Au nom de divers collaborateurs et au sien, **M. Delépine** rapporte quelques *observations analytiques sur l'oxychlorure de carbone.* I. *Recherche et dosage du chlore libre*, par **M. Delépine**, $COCl^2$ libère de l'iode lorsqu'on le fait passer à travers des solutions d'iodure d'une concentration supérieure à 1/1000 ; cette réaction laisserait croire à la présence de chlore libre. Elle est commentée et discutée aux points de vue théorique et pratique. II. *Destruction du phosgène par l'eau ; dosage des échappées*, par MM. **Delépine, Douris** et **Ville**. L'eau en vapeur agit beaucoup moins lentement que l'eau liquide pour détruire l'oxychlorure. Il est donné une marche à suivre pour doser de petites quantités de chlore. III. *Action de l'oxychlorure de carbone sur les récipients de fer*, par MM. **Delépine** et **Ville**. Le phosgène pur est sans action sur le fer décapé ; chargé de chlore, il l'attaque et dissout une partie du chlorure ferrique. Le phosgène attaque aussi les oxydes et carbonates de fer en se chargeant de chlorure ferrique (ordre des millièmes). IV. *Dosage de l'oxychlorure dans le chlorure de titane*, par MM. **Delépine** et **Lafore**. On décompose le mélange par l'eau et dose le gaz carbonique en le précipitant à l'état de carbonate de baryum. V. *Dosage de l'acide chlorhydrique dans le phosgène*, par MM. **Delépine, Monnot, Duval** et **Lafore**. On fait réagir le mélange sur le cyanure de mercure sec et dose l'acide cyanhydrique formé. Le phosgène étant sans action, HCN correspond à HCl présent.

ACADÉMIE D'AGRICULTURE

Séances d'Octobre, Novembre et Décembre 1919

(*Suite et fin*)

M. **Descours-Desacres**, envisageant *l'application de la loi du 25 octobre 1919 concernant les Chambres d'Agriculture*, fait une critique des imperfections du texte de la loi et du retard apporté au règlement

d'administration publique qui doit en déterminer la mise en action. La date fixée par la loi pour les premières élections aux Chambres d'Agriculture doit être retardée, faute de précisions sur l'établissement des listes électorales. A notre avis, l'excellente institution des Chambres d'Agriculture, où l'on peut voir un indice de l'importance grandissante que veulent prendre les éléments agraires du pays dans la direction administrative de la nation, mérite de ne pas être compromise par un faux départ. De la bonne organisation du travail des Chambres d'Agriculture, du bon emploi de leurs ressources, de la part que représenteront les éléments intellectuels qui doivent leur donner une expérience d'autorité et de juste compréhension des idées générales, peuvent dépendre et leur avenir, et le rôle actif qu'elles doivent prendre dans le rétablissement des influences d'équilibre, de modération aussi, des forces d'évolution qui travaillent la vieille nationalité française. Au point de vue technique, elles peuvent être aussi des éléments scientifiques d'amélioration de nos rendements agricoles. Il faut souhaiter aux Chambres d'Agriculture de ne pas se laisser dominer par un esprit trop particulariste et trop étroit. — M. M. **Gaillot** résume la question *de l'amélioration de la betterave sucrière en France*, dont dépend l'avenir des régions agricoles du Nord. Cette plante, en effet, y est la base des assolements, et la production du blé est sous sa dépendance immédiate; elle exerce aussi une influence heureuse sur la production de la viande et du lait, car les résidus de l'industrie betteravière sont d'un puissant secours pour l'engraissement et la nourriture du bétail. Nous pouvons produire de la très bonne semence de betterave à sucre sans la demander aux Allemands qui, généralement, nous envoient des produits de 2e ordre. Il faut créer chez nous des types adaptés aux divers sols. On y arrive par la méthode généalogique. Il faut éviter l'autofécondation qui conduit à la dégénérescence, et pratiquer le croisement des têtes de familles. Les isoloirs sous gaze doivent, comme le préconise l'auteur, renfermer de petits groupes de 4 à 7 betteraves sélectionnées produisant leurs fleurs à peu près simultanément. On suit, dans la descendance des graines, la puissance héréditaire manifestée par chaque sujet, en ne gardant que les moins variables. L'analyse chimique et les sélections de densités, portant sur un grand nombre, peuvent être employées comme moyen d'investigation sur les aptitudes individuelles en vue de ne garder que les super-élites. — M. **E. Dechambre** donne un *aperçu sur les animaux domestiques de Syrie*. Ils pourront donner lieu à une amélioration si l'on améliore d'abord l'alimentation, qui est généralement pauvre en raison de l'aridité du pays. Les moutons et les chèvres sont seuls en mesure de prospérer. Les bovins doivent être considérés en Syrie surtout comme bêtes de trait. — M. **Schribaux**, reprenant le sujet traité par M. Gaillot sur l'*amélioration de la betterave sucrière*, préconise les « croisements industriels » entre les meilleures variétés actuellement livrées à la culture. Il reste partisan aussi de la constitution des lignées pures par fécondation directe. Utilisant l'inégal fléchissement de la vigueur manifestée par les individus autofécondés, il admet que deux lignées issues d'autofécondations répétées peuvent se croiser et restaurer la vigueur initiale des parents. A l'appui, il cite les travaux de East et Hayes, et de Collins, sur le Maïs. Ce n'est pas un argument tout à fait probant, car ce qui est vrai pour le Maïs peut être inexact pour la Betterave. Et nous ne croyons pas que des expériences précises permettent actuellement de s'inscrire en faux contre les conclusions de M. Gaillot. — M. **F. Briot** expose un *projet d'organisation d'un Jardin alpin au Revard* (près d'Aix-les-Bains). Il ne manque que les fonds, et quelques autres choses encore, pour passer à la réalisation d'une pépinière fourragère alpestre, d'un Arboretum forestier, et d'un Jardin Botanique alpin. [En 1912, une *Station expérimentale française pour l'étude des fourrages alpestres et la production des graines* avait été organisée au Jardin Alpin du Hohneck (Vosges). Un laboratoire tout neuf était adjoint aux cultures et au Jardin alpin, avec salle d'exposition de collections de plantes alpines. Des types introduits de Sibérie, d'Amérique, d'Australie même, s'ajoutaient aux collections d'espèces françaises. On inaugura en 1913, et sans publicité, cette intéressante fondation de l'Institut agricole de l'Université de Nancy. Puis la guerre est arrivée; sur cette zone frontière où tombaient des obus, tout fut dévasté et utilisé. Les mulets des chasseurs alpins estimèrent les fourrages et les supprimèrent, les clôtures allèrent à d'autres destins, la chaume de Nardus et de Flouve maigre étendit son manteau pastoral sur les terrains cultivés; les collections, un monument en bronze érigé par le Club alpin, des bâtiments et leur contenu, disparurent sans trace. La toiture du laboratoire est béante sur un coin. C'est la destruction d'une œuvre scientifique qui attend d'ultérieures et possibles restaurations. Elle est sœur de celle que préconise M. le Conservateur des Forêts Briot et dont il envisage l'utile création. Si celle-ci était réalisée, il serait équitable de penser à sa devancière meurtrie. Le directeur actuel du Jardin alpin et de la Station expérimentale du Hohneck espère bien que le *Club alpin français* qui fut, au début, le fondateur du Jardin, voudra le faire revivre, avec ses dépendances spécialisées dans l'expérimentation visant la production des semences fourragères améliorées pour les pays de basses montagnes.]

Prof. Edmond Gain.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 28 Juin 1919

1° Sciences mathématiques. — MM. **D. J. Korteweg** et **Hendrik de Vries** présentent trois notes de M. **Fred. Schuh** : a) *Le terme restant de la série binomiale* ; b) *Un problème de combinaison se rapportant au nombre de façons différentes dont on peut calculer le plus grand commun diviseur de deux produits continus* ; c) *Un théorème relatif à la différentiation d'une série terme à terme*. — M. **L. E. J. Brouwer** : *Remarque sur les intégrales multiples*. — MM. J. Cardinaal et H. A. Lorentz présentent un travail de MM. **J. A. Schouten** et **D. J. Struik** : *Sur des systèmes orthogonaux* n-*uples d'espaces à* n—1 *dimensions dans un espace général à* n *dimensions*. — M. **W. de Sitter** : *Théorie des satellites de Jupiter*. II. *Les variations*.

2° Sciences physiques. — MM. H. A. Lorentz et W. H. Julius présentent un travail de MM. **L. S. Ornstein** et **H. C. Burger** : *Lois de fréquence pour des grandeurs continûment variables*. Etude d'un problème mathématique se présentant dans les théories du rayonnement et du mouvement brownien. — MM. P. Zeeman et H. A. Lorentz présentent un travail de M. **P. A. van der Harst** : *Observation des spectres de l'étain, du plomb, de l'antimoine et du bismuth dans un champ magnétique*. — MM. P. Zeeman et S. Hoogewerff présentent un travail de MM. **A. Smits, G. L. C. La Bastide** et **Th. de Crauw** : *Sur le phénomène succédant à la polarisation anodique*. II. — MM. A. F. Holleman et F. M. Jaeger présentent un travail de MM. **E. H. Buchner** et **J. Kalff** : *La théorie de von Weimarn sur l'état colloïdal*. Examen de ce que von Weimarn a appelé la loi des états correspondants des processus de cristallisation. — MM. P. van Romburgh et Ernst Cohen présentent un travail de M. **M. J. Smit** : *Sur quelques nitrodérivés de la diméthylaniline*. — MM. J. Böeseken et F. M. Jaeger présentent un travail de M. **F. Goudriaan** : *Les zincates de sodium. Equilibres dans le système* Na^2O-ZnO-H^2O. Détermination de l'isotherme et solubilité de ce système à 30°. — MM. **J. Böeseken** et **C. van Loon** : *Sur la détermination de la configuration des cis-trans-diols cycliques et les troubles dans le groupement des atomes et groupes d'atomes dans les réactions chimiques*.

3° Sciences naturelles. — MM. **R. Magnus** et **A. de Kleyn** : *Réflexes toniques du labyrinthe sur les muscles de l'œil*. — MM. C. Eykman et C. H. H. Spronck

présentent un travail de M. **L. K. Wolff** : *Sur le virus dit filtrable de l'influenza de von Angerer.* Le trouble observé par von Angerer dans du bouillon où l'on a introduit du filtrat de sang de malades atteints de la grippe n'est pas un virus, mais de l'hématine formée aux dépens de l'hémoglobine.

Séance du 27 Septembre 1919

1° Sciences mathématiques. — M. **J. C. Kluyver** : *Sur la série de Lambert.* — MM. H. A. Lorentz et J. C. Kluyver présentent un travail de M. **H. B. A. Bockwinkel** : *Sur une relation fonctionnelle remarquable dans la théorie des fonctions à coefficient.* — MM. L. E. J. Brouwer et J. C. Kluyver présentent un travail de M. **J. Wolff** : *Quelques applications de la convergence quasi uniforme à des séries de fonctions réelles ou holomorphes.* — M. **Jan de Vries** : *Involutions dans le champ de cercles.* — MM. W. Kapteyn et Jan de Vries présentent un travail de M. **N. G. W. H. Beeger** : *Détermination du nombre de classes des idéaux de tous les corps diviseurs du corps circulaire des racines* m-*ièmes de l'unité, lorsque le nombre* m *est divisible par plus d'un nombre premier.*

2° Sciences physiques. — MM. H. A. Lorentz et P. Ehrenfest présentent un travail de MM. **L. S. Ornstein** et **F. Zernike** : *Les variations d'énergie du rayonnement noir et les atomes de lumière.* Les auteurs arrivent à la conclusion que la formule d'Einstein pour les variations d'énergie du rayonnement n'est exacte que dans un cas différent de celui qu'il a considéré ; son interprétation de sa formule tombe donc et les variations d'énergie ne constituent par conséquent pas un argument en faveur de l'existence d'atomes de lumière. — MM. W. H. Julius et H. Haga présentent un travail de M. **H. Groot** : *Sur la température solaire effective.* II. En appliquant la formule de Planck aux données d'Abbot, on trouve une température qui varie avec la longueur d'onde. L'auteur en conclut que la notion de température solaire effective n'a aucun sens précis. — M. **F. A. H. Schreinemakers** : *Equilibres in-, mono- et bivariants.* XIX. Equilibres de n constituants dans $n+1$ phases. — MM. F. A. H. Schreinemakers et H. A. Lorentz présentent deux travaux de M. **P. H. J. Hoenen** : *Extension de la loi de Braun.* Extension au cas d'une solution saturée de n phases solides. *Coefficients de pression et de température, effets volumétriques et thermiques dans les systèmes bivariants.* Extension de la loi précédente à des systèmes bivariants quelconques. — MM. F. M. Jaeger et P. van Romburgh présentent une note de MM. **H. J. Backer** et **J. V. Dubsky** : *La préparation de l'acide α-sulfopropionique.* Combinaison des méthodes de Franchimont et de Melsens.

3° Sciences naturelles. — MM. R. Magnus et C. A. Pekelharing présentent un travail de M. **J. W. Le Heux** : *Relation entre l'action de l'atropine sur l'intestin et sa teneur en choline.* Une portion isolée d'intestin grêle, qui a cédé de la choline à une solution saline, réagit autrement à l'atropine qu'une portion normale; après lavage, l'action de l'atropine est notamment excitatrice au lieu d'être inhibitrice. — MM. R. Magnus et H. Zwaardemaker présentent une note de MM. **A. de Kleyn** et **C. R. J. Versteegh** : *Sur la genèse labyrinthaire ou non du nystagmus d'obscurité chez les chiens.* Ce nystagmus n'a pas son origine dans le labyrinthe. — MM. R. Magnus et H. Zwaardemaker présentent un travail de M. **W. Storm van Leeuwen** et Mlle **M. van der Made** : *Recherches sur la narcose à la scopolamine-morphine.* Chez le chien et le lapin, il ne se produit pas de potentiation dans la combinaison des deux narcotiques. — M. **H. J. Hamburger** : *Nouvelles recherches sur la perméabilité de la membrane glomérulaire aux sucres stéréoisomères.* De tous les sucres examinés (hexoses et pentoses), seul le glycose est complètement retenu par les reins. — M. **H. J. Hamburger** : *La perméabilité partielle de la membrane glomérulaire au d-galactose et quelques autres sucres multirotatoires.* Les sucres multirotatoires peuvent se classer en trois groupes : 1° le groupe du *d*-glycose, dont les deux modifications sont retenues par le rein, 2° le groupe du *d*-galactose dont une modification seulement est retenue, et 3° le groupe du *l*-glycose, dont aucune des deux modifications n'est retenue.

J.-E. V.

Séance du 25 Octobre 1919

1° Sciences mathématiques. — M. **L. E. J. Brouwer** : *Sur la structure des assemblages parfaits de points.* — MM. L. E. J. Brouwer et Hendrik de Vries présentent une note de M. **B. P. Haalmeyer** : *Remarque sur des assemblages de points linéaires et homogènes.* — MM. L. E. J. Brouwer et Hendrik de Vries présentent une note de M. **B. von Kerekjarto** : *Sur la transformation de domaines plans.* — MM. W. Kapteyn et Jan de Vries présentent un travail de M. **N. G. W. H. Beeger** : *Détermination du nombre des classes des idéaux de tous les corps diviseurs du corps circulaire des racines* m-*ièmes de l'unité, lorsque le nombre* m *est divisible par plus d'un nombre premier.* II. — MM. J. A. Cardinaal et H. A. Lorentz présentent un travail de MM. **J. A. Schouten** et **D. J. Struik** : *Sur des systèmes orthogonaux* n-*uples d'espaces à* n—1 *dimensions dans un espace général à* n *dimensions.* II.

2° Sciences physiques. — M. H. A. Lorentz et J. P. Kuenen présentent une note de M. **P. Ehrenfest** : *Sur la théorie capillaire de la forme cristalline.* Rectification. — MM. H. A. Lorentz et H. Kamerlingh Onnes présentent un travail de M. **D. Coster** : *Sur des anneaux d'électrons de liaison dans le modèle cristallin du diamant de Bragg.* L'auteur est d'avis que, d'après les données relatives à la diffusion des rayons X, on ne peut rien conclure quant à l'existence de pareils anneaux d'électrons. — MM. J. Böeseken et A. F. Holleman présentent un travail de MM. **P. E. Verkade** et **N. L. Söhngen** : *L'attaque d'acides non-saturés isomères cis et trans par des moisissures.* Le seul fait positif fourni par cette étude, c'est que l'assimilabilité des acides dépend avant tout de leur constitution.

3° Sciences naturelles. — M. **J. F. van Bemmelen** : *Le dessin des ailes des Chærocampides.* — MM. F. A. F. C. Went et G. van Rynberk présentent un travail de M. **H. W. Berinsohn** : *L'influence de la lumière sur la multiplication des cellules radicales de l'Allium Cepa.* Les sommets des racines de l'oignon présentent plus de karyokinèses dans l'obscurité qu'à la lumière. Il est d'ailleurs probable que la transition de la prophase à l'anaphase a lieu plus lentement que le passage de l'anaphase à la télophase. — M. **H. Zwaardemaker** : *Rayonnement du polonium et rétablissement des fonctions.* Le rayonnement du polonium rétablit les fonctions qui sont arrêtées par soustraction du potassium dans les liquides de perfusion. — MM. **H. Zwaardemaker** et **F. Hogewind** : *Electricité de pulvérisation et électricité de chute d'eau.* Les productions de charges électriques par pulvérisation et par chute d'un liquide sont des phénomènes présentant entre eux une certaine relation, mais ils ne sont pas identiques. — MM. H. J. Hamburger et F. M. Jaeger présentent un travail de M. **R. Brinkman** et Mlle **E. van Dam** : *Une méthode de détermination des concentrations d'ions dans des ultrafiltrats et d'autres solutions exemptes d'albumine.* Description d'une méthode de détermination des ions calcium ; le principe de la méthode est utilisable pour d'autres ions encore. — M. **L. Rutten** : *Roches à Foraminifères du bassin de la rivière de Lorentz (Nouvelle-Guinée du Sud-Ouest).*

J.-E. V.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

31e ANNÉE N° 4 29 FÉVRIER 1920

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences, de l'Académie de Médecine

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Météorologie

Le nouveau record mondial de pluviosité aux Iles Hawaï. — En liaison avec les travaux hydrométriques effectués aux Iles Hawaï, les ingénieurs du Service géologique des Etats-Unis ont jugé nécessaire de déterminer l'intensité des chutes de pluie en plusieurs localités élevées, atteignant jusqu'à 1.500 mètres au-dessus du niveau de la mer. Les données ainsi obtenues montrent que Cherrapunji, la fameuse station des Khasi Hills, aux Indes, dont la chute de pluie annuelle moyenne était de 10,82 m., est aujourd'hui dépassée par le Mt Waialeale, élevé de 1.549 m., dans l'île de Kauai[1]. Pendant une période de près de 5 années de mesures, s'étendant de 1911 à 1917 avec quelques interruptions, la pluviosité moyenne annuelle y a été de 12,09 m. Par suite de la difficulté d'accès de cette station, les enregistrements ont malheureusement été arrêtés. Mais d'autres stations des Iles Hawaï ont aussi donné des chutes remarquables, s'élevant, pour une seule année, à 14,27 m., dans un cas, et à 12,80 m., dans l'autre. La chute journalière maximum enregistrée a été de 81 cm. à Honomu, à 366 m. de hauteur.

Ce qu'il y a aussi de remarquable aux Iles Hawaï, ce sont les énormes contrastes entre les chutes de pluies en des stations distantes seulement de quelques kilomètres, mais d'altitude et d'exposition très différentes. En partant du Mt Waialeale, on a pu établir les chiffres suivants :

	Hauteur en m.	Distance en km.	Chute de pluie annuelle en m.
Mt Waialeale	1.549	.....	10,82
Olokele	640	3,2 SW	3,78
Kokee	1.083	16,9 NW	1,42
Pali Trail	259	17,7 SW	0,41
North Wailua	198	6,4 E.	3,20

Dans l'île de Maui, les variations sont encore plus remarquables. Autour de Puu Kukui, situé à 1.525 m. de hauteur, avec une chute annuelle moyenne de 9,37 m. (14,27 m. en 1918), on a obtenu les chiffres suivants :

	Hauteur en m.	Distance en km.	Chute annuelle de pluie en m.
Puu Kukui	1.525	.....	9,37
Réservoir de Kahoma	610	6,4 W	1,40
Kaanapali	3,7	12,1 NW	0,46
Village de Wailuku	119	8,9 SE	0,76

Les mois de novembre, décembre, mars et avril sont généralement les plus humides. La précipitation a lieu sous forme d'averses, les plus fortes pluies durant rarement plus de quelques heures.

1. *Monthly Weather Review*, t. XLVII, p. 303; 1919.

§ 2. — Chimie physique

Le volume moléculaire des composés organiques liquides. — Kopp, pour la comparaison des volumes moléculaires, Lossen, pour établir une formule algébrique donnant le volume moléculaire d'un composé $C^nH^mO^p$ en fonction de n, m, p, puis Gervaise Le Bas, avaient utilisé la densité du liquide mesurée à la température de son point d'ébullition sous la pression atmosphérique.

M. Hugo Kauffmann, reprenant l'étude de ce sujet, après avoir repoussé l'opinion qui confirme ce choix par la théorie de Van der Waals, va comparer les densités prises à une même température, 0° ou 20°.

En utilisant les résultats de mesures antérieures, il a trouvé pour exprimer les volumes moléculaires, à 0° et 20°, des carbures forméniques, à partir de l'heptane, les formules :

$$V_M^0 = 30,66 + 16,02n,$$

$$V_M^{20} = 32,05 + 16,27n,$$

n étant le nombre d'atomes de carbone. Les écarts des nombres donnés par ces formules avec les nombres mesurés sont dans les limites des erreurs d'observation.

1. *Zeitschrift für Elektrochemie*, t. XXV, nos 21-22, pp. 343-351 ; 1er nov. 1919.

Comme, d'autre part, la masse moléculaire de ces corps est donnée par la relation :

$$M = 2{,}016 + 14{,}021n,$$

on a pour la densité, à 20° par exemple :

$$d_{20} = \frac{2{,}016 + 14{,}021n}{32{,}05 + 16{,}27n}.$$

Lorsque n augmente, d_{20} tend vers une limite :

$$\frac{14{,}021}{16{,}27} = 0{,}8616.$$

L'auteur propose de nommer cette constante (variable avec la température) la *limite de la densité*. Pour les paraffines, la densité, tout en tendant visiblement vers cette limite, en reste toujours sensiblement éloignée; pour les esters des acides gras normaux, cette limite est atteinte, et à partir de $C^{14}H^{28}O^2$, la densité peut être considérée comme constante. Cette densité $d_{20} = 0{,}8605$ est très sensiblement égale à la limite précédemment trouvée pour les carbures forméniques. L'égalité de ces deux limites s'explique très simplement : plus la chaîne est longue, plus son influence domine celle du reste de la molécule. Il en sera donc de même pour toute série homologue, d'où la règle : *La densité dans chaque série homologue tend vers une limite :* 0,8752 à 0°, 0,8616 à 20°. *Si pour les premiers termes d'une série homologue la densité est inférieure à cette limite, la densité croît avec le poids moléculaire; si elle est supérieure à la limite, la densité décroît lorsque le poids moléculaire augmente.* Ainsi apparaît naturelle l'observation de Cazeneuve et Morel qui avaient constaté que, pour les esters benzoïques, la densité décroît lorsque le poids moléculaire augmente.

On peut, en appliquant la règle précédente, calculer *a priori* le volume moléculaire de certaines combinaisons. Le benzène, par exemple, ayant pour densité à 20°, 0,8786, nombre peu différent de 0,8616, ses homologues C^nH^{2n-6} auront une densité voisine de 0,8616, et la formule :

$$V_M^{20} = \frac{14{,}021n - 6{,}048}{0{,}8616} = -7{,}02 + 16{,}27n$$

correspond très bien, à partir du propylbenzène, aux nombres mesurés.

Pour certaines séries homologues, la formule exprimant le volume moléculaire doit contenir un terme complémentaire qui tend vers o lorsque le nombre des atomes de carbone augmente. C'est ainsi que, pour les chlorures des alcools primaires à chaîne normale $C^nH^{2n+1}Cl$, l'auteur a obtenu la formule :

$$V_M^{20} = 40{,}83 + 16{,}27n - \frac{6}{n+2}.$$

D'après cette formule, la substitution d'un chlore à un hydrogène dans un carbure doit produire une augmentation de volume moléculaire au maximum égale à 8,77 cm³ à 20°.

Lorsqu'il y a plusieurs radicaux alcooliques variables, le terme supplémentaire est un peu plus compliqué. Les éther-oxydes des alcools primaires normaux $C^nH^{2n+2}O$ peuvent être représentés avec assez de précision par la formule :

$$V_M^{20} = 40{,}56 + 16{,}27n - \frac{6n+8}{(2n_1-1)(2n_2-1)+5}$$

n_1 et n_2 étant les nombres d'atomes de carbone des deux radicaux alcooliques : $n_1 + n_2 = n$.

La considération des composés qui contiennent plusieurs substituants est d'un grand intérêt. L'influence des substituants est totalement différente suivant qu'ils sont répartis dans toute la molécule ou au contraire concentrés autour d'un même atome central. Par simplification, l'auteur nomme ce dernier assemblage une *agglomération* et l'atome central un *centre d'agglomération*.

Suivant que les substituants liés à un même atome central sont de même nature ou de nature différente, on dira que l'agglomération est uniforme ou mixte. On distinguera des degrés dans l'agglomération : une agglomération du 2°, 3° degré sera une agglomération où il y aura 2, 3 substituants. En réalité, une agglomération du 1er degré n'est pas une agglomération.

Pour établir les lois essentielles, il convient de prendre d'abord comme centre d'agglomération le carbone, mais on peut facilement concevoir que les autres éléments de la 4e famille présentent des phénomènes analogues. L'exemple le plus simple d'un phénomène d'agglomération est donné par les dérivés chlorés du méthane. L'augmentation de volume moléculaire, lorsqu'on passe de CH^3Cl à CH^2Cl^2, est égale à 8,9, déjà supérieure à la valeur trouvée précédemment comme maximum de l'augmentation de volume moléculaire par substitution d'un Cl à un H dans un carbure. L'augmentation de volume moléculaire, lorsqu'on passe de CH^2Cl^2 à $CHCl^3$, est égale à 16,2; de $CHCl^3$ à CCl^4 à 16,4, nombres voisins du double de ce maximum.

D'où la règle suivante : *L'agglomération provoque une augmentation anormale du volume moléculaire, notable surtout pour le 3e et le 4e degré.*

Pour les dérivés chlorés de l'acétate d'éthyle, on constate des augmentations de volume moléculaire du même ordre, ce qui montre que les agglomérations mixtes obéissent à la loi précédente.

Les différents substituants sont caractérisés par l'augmentation extraordinaire de volume moléculaire qu'ils provoquent ainsi. L'importance de ce phénomène est variable avec la nature du substituant. Les atomes ou les groupements qui provoquent un tel phénomène seront appelés des *eurogènes;* le phénomène s'appellera l'*eurogénie*. Cl et — $COOC^2H^5$ sont des eurogènes de puissance sensiblement égale; — NO^2 et — CN sont des eurogènes très forts, beaucoup plus puissants que Cl. Pour avoir une mesure absolue de l'eurogénie, on devrait prendre le méthane pour point de départ de tous les calculs, mais comme celui-ci est gazeux à la température de comparaison, on doit se contenter de mesures relatives qui, il est vrai, varieront d'un type d'agglomération à un autre, mais suffiront néanmoins à donner une représentation claire du phénomène. On peut prendre par exemple les produits de substitution du chloroforme. En ne considérant que les agglomérations de ce type, l'expression $V_{CCl^3X} - V_{CH^3X}$ donnera la mesure de l'eurogénie relative de l'eurogène X.

Deux ou plusieurs eurogènes peuvent agir simultanément. Les combinaisons du type COXY peuvent permettre de déterminer l'eurogénie des deux eurogènes X, Y agissant simultanément. Les eurogènes se classent dans le même ordre que pour le type précédent.

De tous les radicaux alcooliques, seul le radical méthyle a été trouvé eurogène. Cette particularité du radical méthyle a pour conséquence de produire pour les seconds termes des séries homologues une anomalie dans la suite régulièrement croissante ou décroissante des densités. Pour les carbures forméniques isomères, le volume moléculaire est régi par le caractère eurogène du radical méthyle.

L'auteur étudie ensuite les agglomérations de second ordre, c.-à-d. celles où un des substituants de l'atome central est lui-même une agglomération. Dans la plupart des cas on constate une sorte d'addition de l'eurogénie; cependant le méthyle doit être mis à part, car il intervient alors une règle nouvelle qui s'applique à de nombreux dérivés :

Lorsque des radicaux méthyle sont liés à deux atomes de carbone voisins, qui sont des centres d'agglomération, le volume moléculaire est diminué.

D'une façon analogue au carbone, le silicium joue le rôle de centre d'agglomération, et la Chimie minérale doit être un vaste champ pour le phénomène d'eurogénie.

L'auteur fait remarquer que les eurogènes puissants, — C ≡ N, par exemple, sont justement des constituants

de complexes et que ce fait ouvre peut-être la voie à des recherches et à des explications nouvelles.

J. Labrousse.

§ 3. — Chimie industrielle

La température d'inflammation spontanée des combustibles liquides. — A la séance du 20 janvier de l'*Institution of Petroleum Technologists*, à Londres, M. H. Moore a présenté une importante communication sur ce sujet, qui présente le plus grand intérêt pour tous ceux qui se servent des moteurs à combustion interne.

M. Moore définit la température d'inflammation spontanée comme celle à laquelle une substance entourée d'oxygène ou d'air à la même température s'enflamme sans l'intervention d'une étincelle ou d'une autre température locale élevée. Pour la déterminer, il a réalisé un appareil et une technique d'exécution simple, rapide et exacte. Dans cet appareil, le combustible tombe goutte à goutte dans une cavité percée dans un bloc d'acier chauffé, dont la température peut être contrôlée et déterminée avec exactitude; on y admet simultanément un courant d'air ou d'oxygène chauffé préalablement. L'auteur s'est livré à une étude approfondie de l'influence que peuvent exercer des variations des conditions dans lesquelles se fait l'essai, spécialement la quantité de combustible et d'oxygène utilisés, la dilution avec de l'anhydride carbonique, et l'action catalytique du métal de la cavité d'essai ; tous ces facteurs n'agissent que faiblement.

M. Moore a donné sous forme de tableaux les températures d'inflammation spontanée dans l'air et l'oxygène d'un grand nombre de combustibles : pétroles bruts, produits de distillation et résidus divers de ces derniers, goudrons de houille et distillats, huiles de schistes, alcool et produits organiques purs. L'examen de ces tableaux lui a permis de formuler les conclusions suivantes :

1° Parmi les produits de distillation du pétrole, les produits les plus légers ont la température d'inflammation la plus élevée;

2° La même règle se vérifie pour les produits du goudron de houille, mais tous les produits aromatiques ont des températures d'inflammation bien supérieures à celles des produits de distillation du pétrole à point d'ébullition correspondant. Les produits oléfiniques, comme les essences pyrogénées, s'enflamment à une température plus basse que les hydrocarbures saturés correspondants;

3° La température d'inflammation spontanée dans l'oxygène est généralement inférieure de 100° à 170° C. à la température d'inflammation dans l'air.

L'auteur a montré également quelques courbes très intéressantes illustrant la variation de la température d'inflammation spontanée avec la composition dans le cas de divers mélanges de combustibles, comme pétrole et benzol et essence de « cannel-coal »-créosote, et démontrant qu'une petite quantité du composant à bas point d'inflammation a une influence bien plus considérable qu'une forte proportion du composant à haut point d'inflammation.

M. Moore a déduit de ses recherches une application importante à la détermination de la meilleure pression de compression d'un combustible spécifique pour l'emploi dans un moteur Diesel.

§ 4. — Biologie

La loi bioclimatique. — En 1818, J. Bigelow, professeur à l'Université de Harvard, publiait un mémoire sur les dates de floraison du pêcher dans diverses parties de l'Amérique, qui a été l'origine d'une série d'études poursuivies surtout par les botanistes américains et allemands, lesquelles constituent aujourd'hui une science des phénomènes périodiques connue sous le nom de Phénologie.

Dès 1830, on commençait à étudier en Allemagne la variation de certains phénomènes botaniques avec la latitude, puis plus tard avec l'altitude, et en 1893 on annonçait une autre variation avec la longitude.

Aux Etats-Unis, M. A. D. Hopkins, aujourd'hui attaché au Bureau d'Entomologie du Département de l'Agriculture, avait entrepris depuis 1894 des recherches dans l'Etat de Virginie occidentale sur les relations entre la distribution des insectes et des plantes, d'une part, la température, la latitude et l'altitude de l'autre. A cette époque, la mouche de Hesse faisait de grands ravages dans les cultures de blé, ravages qui pouvaient être évités en semant cette céréale à une date propice. M. Hopkins montra[1] que cette date devait varier suivant les localités, et cela d'environ 1 jour pour une différence de 15′ en latitude et de 100 pieds (30,5 m.) en altitude. En se basant sur ces données, il établit un calendrier indiquant la meilleure date moyenne pour semer le blé dans toutes les localités de cet Etat, et l'application de ces indications a, depuis 1896, considérablement réduit les ravages causés par la mouche.

Persuadé par cet exemple de l'existence d'une loi naturelle générale reliant l'apparition de certains phénomènes vitaux en divers points, et de ses applications étendues en Entomologie, en Biologie générale et en Agriculture, M. Hopkins a poursuivi depuis 24 ans ses recherches phénologiques, et il les condense aujourd'hui dans une relation générale entre les organismes, le climat et la position géographique, relation qu'il désigne sous le terme de *loi bioclimatique*[2].

La base de cette loi réside dans le caractère des réponses que fournissent les organismes aux éléments et facteurs complexes du milieu local. Cette méthode d'étude des relations entre la vie et le climat possède, sur celles qui utilisent des instruments artificiels destinés à enregistrer la température, la pression barométrique, l'humidité, l'insolation, la pluie, le vent, etc., l'avantage que l'organisme n'enregistre pas seulement l'action de ces divers éléments, mais encore celle de toutes les autres forces qui agissent sur la vie et qu'aucun appareil ne peut mesurer actuellement.

Il semble que, d'une façon générale, tous les organismes qui sont adaptés à une influence donnée du milieu répondent de la même manière à cette influence. On peut donc en principe utiliser des espèces simples ou des groupes d'espèces d'animaux et de plantes pour interpréter et mesurer le caractère et l'intensité des influences de contrôle en un lieu ou une région déterminés. Mais l'expérience a montré à M. Hopkins que l'étude des plantes, spécialement des arbres et des arbustes, est la plus appropriée au but visé.

Les arbres et arbustes manifestent l'intensité des influences qui affectent leurs processus vitaux par une série d'événements périodiques qui s'échelonnent le long de l'année, tels que : gonflement et ouverture des bourgeons d'hiver, déploiement des feuilles, ouverture des fleurs, développement complet du feuillage, formation des bourgeons d'hiver, formation, maturation et chute des fruits, coloration automnale du feuillage, etc. Chacun de ces phénomènes chez chaque individu d'une espèce marque un stade du progrès des processus vitaux et l'avance de la saison en relation avec les influences de contrôle de la localité ou de la région.

Les variations observées dans la date d'un phénomène périodique par rapport à une norme ou constante donnée mesurent donc, en fonction du temps, l'intensité des influences ou forces qui gouvernent ce phénomène dans ses rapports avec : *a*) la position géographique, (*b* la saison, *c*) la tendance, inhérente à l'espèce, à varier, sous les mêmes influences extérieures, vers des réponses individuelles précoces ou tardives, *d*) les réponses précoces ou tardives d'individus de la même variété placés sous des influences locales variables. La

1. *Bulletin* 67 *of the West Virgina Univ., Agric. Exp. Stat.*
2. *Journal of the Washington Acad. of Sciences*, t. X, n° 2, pp. 34-40 ; 19 janv. 1920.

variation, par rapport à une constante, dans la date d'un événement mesure aussi l'intensité des influences de contrôle en fonction de la distance, soit en altitude, soit en latitude ou en longitude.

En appliquant ces principes à l'étude d'un très grand nombre d'observations, M. Hopkins a reconnu d'une façon concluante que les réponses aux influences et forces de contrôle sont d'accord avec une loi naturelle, par le fait que : *a*) la date d'apparition d'un phénomène périodique donné au cours de l'activité saisonnière, ou *b*) les limites de distribution d'un organisme en latitude, ou *c*) ses limites de distribution en altitude, sont déterminées d'abord par la position géographique. Il a pu établir en conséquence les relations suivantes, toutes autres choses étant égales : *la variation entre deux ou plusieurs positions géographiques est dans le même rapport avec la distance qui les sépare que 4 jours de temps avec 1 degré de latitude, 400 pieds (122 m.) d'altitude ou 5 degrés de longitude.* Les coordonnées de cette loi peuvent se mettre sous la forme du tableau suivant :

Coordonnées géographiques	Unités géographiques	Temps en jours	Distance en pieds
Latitude	1°	4	400
Altitude	400 pieds	4	400
Longitude	5°	4	400

Lorqu'il s'agit d'appliquer cette loi à un phénomène qui subit en deux points des influences semblables à l'exception de celles qui proviennent de la position géographique, un calcul simple suffit pour obtenir, d'après les données enregistrées en un lieu, les constantes de date, de limite ou de température valables pour l'autre lieu.

Mais on sait qu'en général les *autres* influences de contrôle sont très rarement égales, si elles le sont jamais, en deux ou plusieurs points, de sorte qu'on doit s'attendre à une plus ou moins grande variation des constantes suivant les régions. Quelle sera la valeur de celle-ci en jours, pieds ou degrés?

M. Hopkins s'est attaché en ces dernières années à trouver une réponse à cette question. Un premier point se dégage de l'étude de plus de 40.000 dates du commencement de la moisson du blé d'hiver aux Etats-Unis. Les résultats obtenus montrent que les variations des constantes de date, pour toutes les unités géographiques étudiées (quadrangles de $1/4 \times 1°$), sont toutes dans le même sens pour certaines régions. Ainsi dans tout le bassin du Mississipi au sud des Grands Lacs, les dates enregistrées sont universellement plus tardives que les constantes calculées ; à travers les Grandes Plaines, le plateau des Montagnes Rocheuses et une partie du Grand Bassin, elles sont plus précoces ; sur les pentes du Pacifique, elles sont plus tardives, etc. Ces résultats montrent l'existence d'influences prédominantes vers l'accélération dans certaines régions, le retard dans d'autres, des phénomènes périodiques, comparés avec la constante de temps de la loi.

D'autres recherches entreprises dans le même but, et comportant une étude détaillée de la limite d'altitude d'espèces et d'associations biologiques de plantes et d'animaux, ont non seulement vérifié les résultats fournis par les dates de la moisson du blé, mais établi, comme un principe général, la valeur approximative de la variation qu'on doit s'attendre à trouver dans toutes les régions, depuis celles où n'existe aucune influence accélératrice ou retardatrice perceptible jusqu'à celles où l'intensité de ces influences atteint son maximum. Mesurée en temps, la variation à partir des constantes s'étend sur un intervalle de 1 à 40 jours, avec un maximum de 50 jours en certains points de la côte du Pacifique. En altitude, les variations sont de 100 à 3.000 pieds, avec un maximum de 5.000.

Pour rassembler de nouvelles données sur ces variations, M. Hopkins et quelques-uns de ses collaborateurs ont parcouru en 1919 plus de 32.000 kilomètres à travers les Etats-Unis et recueilli plus de 20.000 observations phénologiques, qui leur ont apporté la confirmation de toutes les conclusions précédentes et leur ont permis de résoudre plusieurs problèmes d'intérêt scientifique et économique sur lesquels nous reviendrons ultérieurement.

§ 5. — Physiologie

Métamorphose de l'Axolotl causée par l'alimentation thyroïdienne. — Le fait est aujourd'hui bien établi que l'alimentation des têtards de grenouille avec de la thyroïde de Mammifères provoque leur métamorphose précoce dans la forme adulte. Dans une lettre à notre confrère anglais *Nature*[1], M. J. S. Huxley vient de signaler que cette alimentation produit un effet analogue chez une forme qui ne se métamorphose pas habituellement, l'Axolotl. Cette dernière est la larve d'une Salamandre connue sous le nom d'*Amblystoma*, laquelle atteint normalement son développement complet et sa maturité sexuelle tout en conservant ses caractères larvaires. Marie von Chauvin[2], en Allemagne, et E. G. Boulenger[3], en Angleterre, sont cependant parvenus à faire prendre à l'Axolotl sa forme adulte en le forçant à respirer à l'air, soit en le conservant dans la mousse humide, soit en diminuant graduellement la couche d'eau dans laquelle il vivait.

En collaboration avec M. D. F. Leney, M. J. S. Huxley a expérimenté, au Laboratoire de New College, à Oxford, l'effet du régime thyroïdien sur l'Axolotl. Deux jeunes spécimens, de 11,5 et 12,7 cm. de longueur, et probablement âgés de 6 et 12 mois, étaient conservés dans un bassin à une température moyenne de 15°-16° C. et dans une couche d'eau de plus de 5 cm., bien supérieure à celle qui les aurait forcés à respirer à l'air. Ils furent nourris avec de la thyroïde de bœuf, d'abord trois fois, puis deux fois par semaine.

Ce régime fut inauguré le 30 novembre dernier ; le 15 décembre, on notait déjà des modifications distinctes dans la coloration et dans la résorption des ouïes et des nageoires ; le 17 décembre, le stade critique de la métamorphose provoquée par la respiration à l'air était dépassé, et le 19 décembre, le stade pénultième, avec à peine une trace des caractères larvaires, était atteint. Le plus gros spécimen, dont la métamorphose était légèrement plus avancée, était sorti de l'eau pour grimper sur un support disposé à cet effet, et sa peau était aussi sèche que celle d'une Salamandre ordinaire. Placés sur une table, les deux animaux marchaient facilement, à l'inverse de la larve. Deux autres spécimens de même taille, nourris de vers et maintenus dans une eau peu profonde, suivant la méthode de Boulenger, ne présentaient alors que de très faibles changements.

Ces expériences mettent en lumière deux points intéressants. D'abord, la durée de la métamorphose, environ 3 semaines, est beaucoup plus courte que toutes celles précédemment enregistrées : 12 à 16 semaines dans les expériences de Boulenger, 7 à 40 dans celles de Marie von Chauvin. Ensuite, le stade critique de la métamorphose a été atteint sans que les animaux respirent à l'air ; autrement dit, deux causes entièrement différentes, la respiration forcée et un régime thyroïdien, peuvent produire le même résultat : la métamorphose. Ce n'est que le 19 décembre que les deux animaux vinrent respirer à la surface ; depuis lors, quoiqu'ils ne possèdent plus d'ouïes fonctionnelles, ils passent une grande partie de leur temps au fond de l'eau, et ne viennent que par moments flotter à la surface.

1. *Nature*, t. CIV, n° 2618, p. 435 ; 1er janv. 1920.
2. *Zeitschr. fur wiss. Zool.*, t. XXVII et XLI ; 1877 et 1885.
3. *Proc. Zool. Soc.*, 1913 (2).

SUR LE CONCEPT GÉNÉRAL D'ÉVOLUTION

Nous ne voulons pas discuter ici les différentes définitions qu'on a données du terme évolution. Nous définissons l'évolution de la manière suivante : *l'évolution, c'est le devenir d'une chose par des degrés successifs de changement.* Cette définition implique :

1° que l'évolution est un *changement*, c'est-à-dire un processus temporel, une série d'états successifs ;

2° que ce changement est un *devenir*, c'est-à-dire un changement qui commence par un état initial et qui aboutit à un état final, à un état qui est la réalisation d'une chose ;

3° que les états successifs du processus évolutif constituent des *degrés*, c'est-à-dire que chaque état suivant de ce processus contient quelque chose de plus ou de moins que l'état précédent.

Notre définition de l'évolution est purement formelle et, partant, si générale, qu'elle s'applique à tous les phénomènes du monde, aux phénomènes physiques comme aux phénomènes biologiques, psychologiques et sociaux. Chez Spencer et chez beaucoup d'autres, la définition du concept d'évolution est confondue avec la loi d'évolution. Spencer, par exemple, définit l'évolution par la loi générale qu'il en formule, tandis que Lalande, dans son livre remarquable *La dissolution opposée à l'évolution* (1899), conteste à cette définition de Spencer le caractère de loi, — ce qu'elle est en réalité, — et y voit une définition formelle de l'évolution [1].

Notre définition ne contient rien sur la loi d'évolution qui est et doit être un énoncé tout à fait différent de la définition même. Il se pourrait que nous ne soyons pas encore à même de donner une formule, ni quantitative, ni qualitative de la loi générale d'évolution ; néanmoins, l'évolution reste un fait d'expérience et par conséquent ce fait doit être exprimé dans une définition générale, s'il possède vraiment une signification générale, s'il y a partout, dans le monde, des processus évolutifs.

Notre définition est formelle encore dans ce sens, qu'elle se prête également aux deux directions opposées de l'évolution universelle. Si les degrés successifs du processus évolutif se succèdent d'une telle manière que chaque état suivant contient *plus* que l'état précédent, alors le processus représente *l'évolution progressive*, ou progrès, ou évolution au sens ordinaire de ce terme. Mais si chaque état suivant du processus évolutif contient *moins* que l'état précédent, le processus évolutif représente *l'évolution régressive*, ou régression, ou dissolution.

Enfin, notre définition est formelle encore en ce sens, qu'elle s'applique aussi à un processus évolutif composé, renfermant des processus évolutifs partiels de nature progressive aussi bien que régressive, c'est-à-dire des processus évolutifs qui, dans une partie du tout qui évolue, sont progressifs, et dans l'autre, régressifs. Si, dans une pareille évolution mixte (évolution très répandue dans le domaine de l'évolution organique), la progression prédomine, nous l'appelons *évolution ascendante ;* si c'est l'évolution régressive qui prédomine, nous la nommons *évolution descendante*, et si les deux processus évolutifs sont en équilibre (ce qui n'est peut-être qu'un cas purement théorique) l'évolution composée sera *neutre*. Le pied du cheval, composé d'un seul doigt, provenant d'un pied pentadactyle par l'atrophie des doigts latéraux et par l'accroissement relativement plus grand du doigt médian, est l'exemple le plus connu de l'évolution ascendante mixte, tandis que le crâne du *Ceratodus* vivant représente, par comparaison avec le crâne du *Dipterus*, son ancêtre probable dévonien, l'exemple d'une évolution mixte descendante [1].

Encore un mot. Il faut se garder de prendre la nature formelle de notre définition comme indiquant une définition purement nominale d'un concept imaginaire et arbitraire. C'est, au contraire, une définition d'un fait réel, d'un mode de changement qu'on constate partout dans le monde et dont notre définition s'efforce d'exprimer les caractères les plus généraux. En ce sens, notre définition est aussi exacte que la définition quelconque d'un objet mathématique [2].

B. Petronievics,
Docteur en Philosophie.

1. Lalande (*op. c.*, p. 24 *seq.*), après avoir cité la formule de Spencer, ajoute : « Cette loi n'est pas une loi ; car elle n'affirme aucune relation constante entre des phénomènes donnés, aucune manière d'être régulière dans un certain nombre de faits, ou d'individus déterminés. » Mais en affirmant qu'une chose qui se forme passe « d'une *homogénéité* indéfinie, incohérente, à une *hétérogénéité* définie, cohérente », la formule exprime certainement une « manière d'être régulière dans un certain nombre de faits », puisqu'elle exprime une suite constante de deux phénomènes généraux, à savoir l'homogénéité et l'hétérogénéité.

1. On trouvera d'autres exemples nombreux de l'évolution organique ascendante et descendante dans mon article « Sur la loi de l'évolution irréversible » (*Science Progress*, janv. 1919), où j'ai substitué, en m'appuyant sur les définitions générales indiquées ci-dessus, à la loi unique de l'évolution irréversible de Dollo trois lois spéciales.

2. Cet article représente le chapitre II de la Première Partie d'un ouvrage intitulé *L'évolution universelle*, qui a fait l'objet d'un cours libre professé à la Sorbonne pendant l'année scolaire 1917-18 et que j'espère publier prochainement.

LA MEILLEURE UTILISATION DES COMBUSTIBLES[1]

Le rendement thermique d'un foyer dépend des facteurs multiples qui interviennent dans le développement, l'entretien et le gouvernement des phénomènes de combustion, facteurs conscients ou automatiques, dont l'action est plus ou moins sûre et soutenue et qui exigent toujours une direction et une surveillance. En tout état de choses, un des facteurs principaux est toujours l'habileté professionnelle et l'activité de celui qui conduit le feu; j'ai déjà fait ressortir l'importance de son rôle et n'y reviendrai pas, me contentant de rappeler que le chauffeur peut contribuer à réaliser une grande réduction sur les pertes évitables dans un foyer déterminé, et faire gagner sur l'ensemble des foyers du pays quelques millions de tonnes annuellement. Nous n'exagérons donc rien en déclarant qu'il est peu de corporations d'ouvriers dont l'intelligence et le zèle fassent prime au même degré. Il faut voir de près, pour les apprécier, ces rudes hommes, les premiers au travail et les derniers au repos, infatigables, constamment debout et en mouvement, l'esprit toujours en éveil, l'œil toujours ouvert pour suivre la marche des feux, les manipuler, observer les indications des appareils, réaliser les meilleures conditions de la combustion et se tenir à la hauteur des responsabilités que peut leur faire encourir un moment de lassitude ou un instant d'oubli. On a dit que c'est un ouvrier d'art[2], ce qui dépasse un peu la note, mais on n'exagère pas en déclarant que c'est un artiste en son genre, une sorte d'ingénieur de sous-ordre et qu'il doit devenir un des principaux hommes de confiance du chef d'industrie. Il peut contribuer grandement et dès maintenant à atténuer la crise de combustible que nous traversons : c'est pour cela que j'en parle de nouveau.

Les Ecoles de chauffeurs, les conférences techniques faites à leur usage, les concours et les diplômes qui sont la consécration du succès constituent des éléments de formation et de perfectionnement qu'on devra développer partout, à l'exemple de ce qui s'est fait depuis longtemps dans le nord de la France, en Alsace et en Belgique. Pour tirer de ces diverses organisations tous les résultats qu'elles doivent produire, il faut d'autre part témoigner à ces modestes collaborateurs le cas que l'on fait de leurs services, en même temps que l'on stimulera leur zèle et leur bonne volonté en les intéressant aux économies réalisées par eux : cela se pratique en beaucoup d'usines, mais toutes les méthodes adoptées ne possèdent ni la même valeur, ni la même efficacité. M. Grospaud a fait observer, avec beaucoup de perspicacité[1], que certaines difficultés d'ordre pratique s'opposent à l'établissement de primes, basées entièrement sur le nombre de calories ou de kg. de vapeur engendrés par kg. de charbon, résultats que le chauffeur ne connaîtra qu'au bout du mois et dont le contrôle lui échappe. « Il serait difficile d'obtenir un effort continu dans ces conditions. Si, au contraire, nous lui mettons sous les yeux des appareils enregistreurs (nous étudierons plus loin ces instruments), qui lui montreront qu'avec des chargements plus fréquents, dans le cas de foyers ordinaires, ou qu'en modifiant la vitesse de la grille et l'épaisseur de la couche de charbon, dans le cas de grilles mécaniques, il obtient une meilleure combustion, qui, pour lui, parce qu'on le lui aura dit, se traduira par le déplacement d'une aiguille d'enregistreur dans un certain sens, il travaillera à chercher le *maximum d'effet*, tout en produisant le *minimum d'effort*. S'il a, en outre, sous les yeux un tableau lui donnant le montant de sa prime, en fonction de l'indication de ces appareils de mesure, il travaillera avec confiance et l'on en obtiendra le maximum, si les primes ont été judicieusement établies. » Il faut se rallier sans réserve à ces considérations, qui témoignent d'une parfaite connaissance de ce qui se passe, non seulement dans les chaufferies, mais encore dans l'esprit des chauffeurs.

La technique du foyer a été parfaitement exposée dans de petits ouvrages spéciaux, parmi lesquels je dois citer un opuscule dont j'ai fait mon profit au début de ma carrière d'ingénieur, mais que je crois peu connu en France; c'est le *Catéchisme des Chauffeurs*, dont la seconde édition, que j'ai sous les yeux en écrivant ces lignes, a été publiée, en 1873, chez Desoer à Liége. Par demandes et réponses, il expose simplement toutes les circonstances de la marche d'un feu et les prescriptions qu'elle impose : on a certainement composé depuis lors des livres plus

1. Voir mes deux précédents articles : « La crise du combustible » et « La Houille, ses succédanés et ses adjuvants », dans la *Revue gén. des Sciences* des 30 janvier et 15 février 1920.

2. L. BERGER : *Le gaspillage des combustibles*. Paris, Dunod et Pinat, 2e édition (1919), page 68.

1. M. GROSPAUD : Prime au personnel sur les économies de charbon dans une Centrale Electrique thermique; *Revue générale d'Electricité*, 11 janvier 1919.

complets, mais on aura de la peine à être plus clair et plus précis.

Il a été question ci-dessus d'appareils de contrôle et d'enregistrement : sur ce point, nous avons à formuler d'importantes observations, qui s'adressent à tous les chefs d'industrie, petits et grands, désireux de se rendre compte par eux-mêmes des conditions dans lesquelles est utilisé chez eux ce combustible acheté à grand prix et si difficilement obtenu. Les chaufferies sont généralement insuffisamment munies de ce qui est, à cet égard, strictement nécessaire. Le plus souvent, en effet, le chauffeur n'a sous les yeux qu'un seul instrument qui puisse le guider, en le renseignant sur l'allure de son feu ; c'est un manomètre. C'est lui qu'il interroge pour régler la combustion. Si l'aiguille descend, il pousse le feu ; vient-elle à monter, il ralentit son travail, abaisse le registre et profite de l'occasion pour alimenter d'eau le générateur de vapeur ; en dehors de ces alternatives, il opère au jugé, uniformisant l'épaisseur de la couche de combustible, bouchant les trous, s'il en voit, soulevant à l'aide du crochet la galette de scories, qui a pu se former, la brisant pour donner de l'air, et procédant au décrassage, quand le moment en est venu, en travaillant pour le mieux. Ce n'est pas en s'y prenant ainsi que l'on obtient d'un charbon donné le maximum de calories qu'il peut fournir : il s'agit d'agir plus scientifiquement, et cela se peut, sans recourir aux savantes et minutieuses observations et analyses, pratiquées dans les grandes centrales.

Les coûteuses installations de laboratoire de ces établissements, obligés pour vivre de tirer la quintessence des choses, ne sont pas à la portée de tous les industriels et nous ne leur conseillons pas d'en pourvoir leurs salles de chauffe : mais nous leur demanderons de se procurer trois instruments, dont l'achat ne les ruinera pas, et dont la valeur sera récupérée, d'ailleurs, en quelques mois, par le bénéfice réalisé sur le charbon. Ces trois indicateurs sont : un pyromètre, un déprimomètre et un doseur d'anhydride carbonique, de CO^2. Le premier fera connaître la température des gaz brûlés au sortir des carneaux, à l'entrée de la cheminée ; le second donnera la dépression, en millimètres d'eau, existant derrière l'autel, qui barre le fond de la grille ; le troisième marquera la teneur des gaz en CO^2. Les chiffres qu'on lira sur ces appareils varieront avec la forme, la nature et la qualité du charbon, et avec la perfection plus ou moins grande de l'installation, et leur valeur absolue peut donner lieu à discussion ; mais leur valeur relative constitue un critérium de la marche d'un feu et par suite du travail du chauffeur. La température des gaz ne doit, en général, pas dépasser 250°, dans une chaudière sans réchauffeur d'eau ou d'air, 150° quand ces appareils existent ; la dépression derrière l'autel sera moyennement de 6 mm. après chargement du foyer ; la teneur en CO^2 se tiendra aux alentours de 12 % au même moment. La température des gaz vient-elle à dépasser celle qui a été dite, nous jetons des calories inutilisées dans l'atmosphère. Si la dépression est inférieure à 6 mm. le tirage devient insuffisant, alors qu'il tendra à être excessif si les 6 mm. sont fort dépassés : dans le premier cas, on risque de produire de l'oxyde de carbone, avec combustion incomplète ; dans le second, la vitesse de l'air est trop grande, et le contact du comburant avec le combustible est trop court, en même temps qu'on donne trop d'air. C'est enfin un excès d'air qui correspond souvent encore à une teneur en CO^2 inférieure à 12 °/₀. Nos chiffres sont évidemment des chiffres moyens.

Les observations faites sur nos trois indicateurs sont plus ou moins liées entre elles, et elles se complètent l'une l'autre ; leurs écarts de la moyenne sont symptomatiques d'une perte qu'il faut restreindre le plus possible. Elles constituent par suite la base d'une règle de conduite pour le chauffeur. Lorsqu'il note une dépression trop forte, une température trop élevée au pyromètre, une teneur trop faible en CO^2, c'est que son registre est trop ouvert, que le feu est trop mince ou bien qu'il s'est formé des trous dans le feu, ou encore que l'on y a jeté de trop grosses gaillettes. Après un chargement, la résistance au passage de l'air s'est accrue, et le feu demande plus d'air, par conséquent une plus grande ouverture du registre, en se gardant toutefois de faire baisser la température marquée par le pyromètre et en prenant soin de diminuer progressivement la dépression. A un moment donné de la journée, la pression de la vapeur devient difficile à tenir, la teneur en CO^2 tend à augmenter, et elle oblige d'ouvrir le registre ; un coup d'œil rapide jeté sur le feu montre que l'épaisseur de la couche de charbon est alors devenue trop grande : l'heure du décrassage est arrivée.

Ces considérations sommaires, que je ne veux pas prolonger, car je n'écris pas ici un Manuel du chauffeur, suffisent à la démonstration que je me proposais de faire de l'utilité de nos trois appareils adjoints au manomètre. Des enregistreurs conduiraient à des résultats meilleurs encore par l'inscription des données successives : les diagrammes relevés montrent les phénomènes dans leur continuité et facilitent leur interprétation,

tout en fournissant la preuve matérielle des divers incidents du travail. Par exemple, un déprimomètre enregistreur marque chaque chargement effectué, registre fermé ainsi que c'est prescrit, par un trait vertical très net, et il contrôle par suite le nombre et l'espacement des chargements ; le pyromètre et le manomètre décèlent toute irrégularité dans l'allure [1]. Le chef d'industrie lira donc sur ces tracés l'histoire de sa chaufferie et n'aura pas de peine à estimer les pertes qu'ont pu lui faire subir d'une part l'indolence ou l'incapacité des ouvriers, d'autre part les vices d'installation de ses générateurs de vapeur, de leurs carneaux et de leurs foyers. L'ensemble de ces pertes atteint fréquemment 30 °/₀ et les dépasse plus souvent encore : c'est ce que nous allons malheureusement constater.

***

On a publié de nombreux essais de chaudières : ils donnent les résultats d'expériences très bien préparées, particulièrement surveillées, dont les chiffres sont indiscutables ; mais les données qu'elles fournissent correspondent à une sélection, attendu qu'on ne fait jamais connaître que des constatations avantageuses, et que tout essai présente toujours un caractère un peu artificiel, par suite même de la manière dont on l'a conduit, et des soins dont on l'a entouré.

Cette réserve faite, consultons les procès-verbaux de ces opérations.

Je n'en reproduirai qu'un, signé de MM. Kennedy, Unwin et Capper, ingénieurs anglais réputés, effectué sur une chaudière multitubulaire de 60,29 m² de surface de chauffe, sans réchauffeur d'eau; j'extrais quelques chiffres seulement du rapport officiel :

Durée de l'essai	7 h. 40 m.
Rapport : $\frac{\text{Surface de chauffe}}{\text{Surface de grille}}$	34,7
Tirage à la cheminée	5 mm. d'eau
Pouvoir calorifique du charbon brut	7.698 calories
Volume d'air de combustion par kg. de charbon	17 m³
Analyse de la fumée	CO^2 8,96 ; CO 0
Température de la fumée au registre	261°
Pression de la vapeur	11 k. 23
Entraînement d'eau	0,15 0/0
Eau vaporisée par m² de surface de chauffe-heure	16 k. 61
Température de l'eau d'alimentation	16°
Vapeur engendrée par kg. de charbon brut	8 k. 69
Calories utilisées par kg. de charbon brut	5.629

Bilan de la chaudière	
Rendement thermique	73,11
Perte par les gaz brûlés	17,36
» par les escarbilles	0,98
» par combustion imparfaite	1,33
» par rayonnement, etc.	7,22
	100,00

Voilà une chaudière, d'un type réputé, parfaitement installée, prise dans de bonnes conditions, alimentée de charbon de qualité, conduite sous l'œil de maîtres en la matière, réalisant une combustion qu'on ne peut critiquer (tous les chiffres relevés en témoignent), qui ne rend que 73,11 °/₀. J'avais signalé ces résultats dans un travail de comparaison, publié en 1902 [1], dans lequel je n'avais pu citer de meilleur qu'un rendement de 78,85, rendu douteux par l'absence de mesure des entraînements d'eau ; j'avais conclu en déclarant qu'un rendement de 73 °/₀ constituait une brillante moyenne, difficile à dépasser. J'aurais dû ajouter qu'elle est rarement atteinte ; dans la généralité des cas rencontrés dans l'industrie, on obtient, en effet, beaucoup moins. En voici une preuve indiscutable, entre un grand nombre d'autres, que le manque d'espace ne me permet pas de consigner dans cette étude. L'Association Alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur, qui contrôlait, en 1912, 4.216 chaudières, avait effectué au cours de l'exercice courant 84 essais de vaporisation, et elle en fit connaître les résultats dans son rapport annuel [2] ; or, cinq générateurs seulement donnèrent un rendement supérieur à 73 °/₀, 38 fournirent un rendement compris entre 65 et 73 °/₀ ; pour 41, par conséquent, l'utilisation était inférieure à 65 °/₀.

Mais je me hâte d'ajouter qu'un certain nombre de générateurs étaient pourvus de réchauffeurs d'eau et de surchauffeurs de vapeur, qui formaient avec la chaudière proprement dite un ensemble de valeur supérieure : les chiffres en témoignent. Le relevé porte 37 installations de rendement plus élevé que 73, et 24 dont le rendement se tenait entre 65 et 73 °/₀; notons à l'honneur de nos industriels et ingénieurs alsaciens six rendements extrêmement intéressants de 81 ; 83,3 ; 85,7 et 85,9 et enfin un autre de 88,4 %, ce dernier obtenu avec de la braisette 8/15 de la Ruhr, ayant un pouvoir de 7.311 calories [3]. Dans le commentaire hautement autorisé dont

1. Les traités écrits sur la matière publient des courbes d'enregistreurs très suggestives : on en trouvera notamment un grand nombre dans le livre de M. IZART : *Méthodes économiques de combustion dans les chaudières à vapeur* (Paris, Dunod et Pinat, 1911, 2e édition) ; M. Schmidt, d'Amiens, a finement analysé cet excellent ouvrage et mis au point certaines de ses conclusions, peut-être trop optimistes.

1. A. WITZ : Rendement comparé des machines à vapeur et des moteurs à gaz ; *Eclairage Electrique*, 4 et 11 janvier 1902.

2. Edition française du *Bulletin annuel*, page 38 ; en réalité, l'Association avait procédé à 110 expériences de vaporisation, mais on n'a retenu que les essais complets.

3. Ce rendement tomba à 84,2 avec des menus 0/8 de la Ruhr, de même provenance, dont le pouvoir calorifique, égal à 7.175 calories, n'était inférieur à celui de la braisette que de 1,9 °/₀ : la forme et l'état physique influaient donc sensiblement sur l'utilisation avec le chargeur mécanique desservant le foyer, ainsi que cela se constate du reste toujours avec des chauffeurs et avec n'importe quels appareils.

M. Kammerer, ingénieur en chef de l'Association, a accompagné le tableau comparatif de ces résultats, les faibles rendements sont attribués le plus fréquemment à un excès d'air, plus rarement à une combustion incomplète par manque de tirage, et sept fois à un manque de soins dans la chauffe.

La place me manque pour déduire de cette remarquable étude tous les enseignements qu'elle comporte; je me contenterai de dire qu'une surveillance des services, jointe à une application rationnelle des règles fondamentales de l'art, conduirait souvent les industriels à des économies notables et que, d'autre part, l'emploi des surchauffeurs et des réchauffeurs s'impose dans tous les cas où il est possible. J'ajouterai que pas n'est besoin d'être un grand industriel, disposant d'une imposante batterie, pour obtenir les grands rendements, attendu que l'installation qui figure dans le palmarès de M. Kammerer comme brillante première avec 88,4 d'utilisation, se compose d'une chaudière de 230 m² de surface de chauffe, d'un surchauffeur de 55 et d'un réchauffeur-économiseur de 384 m². Les immenses chaudières des supercentrales américaines, qui vaporisent près de 50.000 kg. d'eau à l'heure, par un foyer unique, ne rendent pas 88, et M. Sosnowski ne leur attribue que 83, dans le rapport documenté qu'il a présenté à la Société des Ingénieurs Civils de France, en mai 1916. Et pourtant cet ingénieur distingué a-t-il fait ressortir les soins pris par ses collègues d'outre-Atlantique pour supprimer ou du moins réduire au minimum toutes les causes de pertes dans les chaudières. Ainsi il a signalé la pratique très recommandable des revêtements métalliques étanches des massifs de maçonnerie, pour parer aux rentrées d'air si pernicieuses, et l'emploi des hautes pressions, de 30 à 40 kg., qui diminuent l'encombrement et le prix d'établissement des installations. Nous n'en sommes pas encore là en Europe.

Ce qu'on préconise surtout chez nous, non sans raison, du reste, ce sont des appareils qui assurent la meilleure combustion avec le minimum d'effort intellectuel et manuel du chauffeur ; ils sont nombreux et quelques-uns d'entre eux sont extrêmement ingénieux et réellement très efficaces; leurs noms et leurs titres se lisent en grandes lettres dans les pages de couleur que nos plus importantes Revues consacrent aux annonces et qui leur permettent de vivre, malgré la cherté du papier; leurs mérites et les économies qu'ils peuvent procurer y sont énumérés avec complaisance et sans fausse modestie. Les industriels, qui font aux ingénieurs-conseils l'honneur et la grâce de les consulter, leur demandent fréquemment quel est le plus parfait de ces auxiliaires des chaufferies : question souvent embarrassante et toujours délicate, à laquelle on ne répond qu'en invoquant de la part de son confident le secret professionnel. Dans un article destiné à l'impression, il ne peut être question de classer des inventions selon le mérite qu'on leur attribue; ce serait imprudent, voire même dangereux; c'est du reste impossible, car l'expérience qu'on a pu acquérir est toujours courte d'un côté ou de l'autre, et le jugement le plus indépendant se dégage difficilement de toute influence. A dire vrai, il y a autant de solutions qu'il y a d'espèces; toute généralisation est risquée, les observations recueillies s'appliquant à des combustibles déterminés, à des installations et à des conditions particulières et en somme à des cas spéciaux.

Je me bornerai donc à une nomenclature rapide, aussi méthodique que possible, pour en racheter la brièveté, dans laquelle je ne mentionnerai que les noms des inventeurs connus de tous, dont les créations sont spécifiques d'une catégorie déterminée d'appareils et de mécanismes.

*
*

Il y a plus de trois quarts de siècle que les techniciens poursuivent la recherche d'appareils assurant une combustion parfaite dans les foyers industriels; d'innombrables brevets ont été pris en tous pays; moins nombreuses sont les idées émises et les dispositifs proposés, car les inventeurs tournent dans un cercle fermé et ils repassent par les mêmes lieux, quelquefois sans le voir et plus souvent sans se l'avouer, comme le peuple d'Israël dans le désert; que de prétendues nouveautés sont du vieux remis à neuf, et que de choses reviennent sur la scène sous des costumes différents! Pour s'en convaincre, il faut lire les premières éditions de Péclet, de Ser, de Rankine, de Bède, et des autres qui ont repris cet inépuisable et toujours intéressant sujet.

Passons en revue les divers genres d'appareils en usage dans l'industrie.

Les grilles. — Les formes et dispositions de grilles devant favoriser une bonne et complète combustion ont fait l'objet d'essais et de recherches multiples qui présentaient généralement un caractère empirique indéniable : il leur a nui dans l'esprit de quelques ingénieurs ; l'un d'eux a dit dans un ouvrage très documenté et plein de judicieuses observations, dénotant une pratique avertie, que « les plus simples sont

généralement les meilleures », et un autre, dans un livre estimé, que « c'est à la grille primitive de nos pères qu'on revient toujours[1] ». L'opinion de mes deux auteurs est prédominante aujourd'hui. Toutefois il faut reconnaître qu'il n'est pas indifférent d'employer une grille quelconque pour n'importe quelle houille, en gaillettes, en grains ou menus, grasse ou maigre, collante ou non, dont les cendres sont plus ou moins fusibles ; des barreaux à gorge à trous, des barreaux oscillants, etc., ont donné d'excellents états de services avec des charbons encrassants; le barreau à lames de persiennes de Poillon a permis d'utiliser des fines très maigres en foyer soufflé. Je m'arrête : on écrirait un livre..., peu intéressant d'ailleurs, sur les variétés des formes de grilles.

Les grilles mécaniques à soulèvement ou à secousses ont eu leur heure de vogue; les unes sollicitaient la partie inférieure de la couche de combustible à se dégager de ses cendres, les autres agissaient avec moins de douceur sur les mâchefers pour les briser. La chaîne sans fin de Juckes ou de Taillefer faisait avancer la charge vers l'autel d'un mouvement continu ; là, elle se dérobait sous elle et la déversait dans le cendrier. Le combustible en feu traversait successivement les phases propices à sa meilleure utilisation ; mais les charnières s'encrassaient, les chaînons cassaient, et l'appareil devenait trop fumivore, car il livrait passage à un excès d'air. La grille circulaire rotative avait les mêmes qualités et plus de défauts ; l'envers de la médaille était vraiment fâcheux, mais ces idées devaient faire leur chemin. Elles ont conduit au chargement automatique.

Les foyers automatiques. — Les chargeurs mécaniques nous sont venus d'Amérique, où la main-d'œuvre est chère; ils nous conviennent de mieux en mieux, car les salaires suivent chez nous une progression ascendante, dont on n'entrevoit pas la limite. Trois types sont en concurrence : les *sprinkler-stokers*, où des pelles mouvantes ou oscillantes, souvent des roues à aillettes, répandent le combustible sur une grille plane; les *underfeed-stokers*, dans lesquels un poussoir quelconque ou bien une hélice sans fin amènent du combustible frais sous la couche en ignition ; et les *grilles à chaîne*, ou *grilles articulées*, que feu Taillefer s'étonnerait de ne pas entendre appeler de son nom[2]. Ces trois systèmes ont une valeur réelle et des avantages particuliers, dans la discussion desquels je ne peux entrer ici : ils conduisent fréquemment à de notables augmentations de rendement, et sont donc recommandables. On peut les appliquer à des chaudières qui n'en sont point pourvues, même aux générateurs à foyers intérieurs auxquels se prêtent le mieux les appareils à pelletage; les grilles mobiles se disposent plus fréquemment sous les générateurs multitubulaires à tubes inclinés. Les premiers s'accommodent bien de toutes les espèces de houilles, pourvu qu'elles ne soient pas de dimensions trop inégales ; les underfeed conviennent aux menus, ayant une certaine teneur en matières volatiles ; cette teneur s'impose aussi aux grilles mobiles, sur lesquelles les criblés et les braisettes lavées sont de bon emploi.

Les chargeurs mécaniques tendent à se répandre, mais ils sont encore discutés. Nous savons, me dira-t-on, des industriels très éclairés qui ont démonté des appareils, parce qu'ils ne fournissaient pas les économies annoncées. L'argument est à considérer, mais il n'est nullement péremptoire. Et d'abord, il y a des vendeurs qui promettent beaucoup et des acheteurs trop confiants : ceux-ci deviennent par la suite plus exigents et il faut le leur pardonner. Les économies sont le fait d'autres facteurs que la machine à enfourner le charbon, et l'on a souvent négligé d'en tenir compte en faisant l'installation. D'ailleurs une augmentation de puissance ou de rendement résulte d'une meilleure combustion, laquelle a pour conséquence une température plus élevée du foyer et un rayonnement plus intense, dont les tôles peuvent souffrir, surtout si l'on alimente d'eaux incrustantes mal épurées ; il en résulte des inconvénients, d'où vient souvent la désaffection et le mécontentement.

On reproche avec plus de raison peut-être à certains chargeurs d'occasionner des frais d'entretien exagérés, d'exiger une surveillance que l'on croyait inutile, d'imposer encore un chauffeur pour régler l'épaisseur des feux, la vitesse des mouvements, l'admission d'air, etc. ; l'automaticité n'est en effet jamais complète, mais l'intervention du conducteur peut être bien réduite par l'emploi des dispositifs qui tendent aujourd'hui à prévaloir.

En somme, les foyers automatiques peuvent donner lieu à des critiques, qu'il était juste de faire entendre. M. Izart, qui ne s'en laisse imposer par aucune réclame, est d'avis qu'« en dépit de son principe aimable le foyer mécanique n'a pas tenu tout ce qu'il promettait », et il va jusqu'à dire que « une chaudière à la main, conduite par

1. BERGER : *op. cit.*, page 31. — BELLENS : *Traité des chaudières à vapeur* (Paris, Baudry et Cie, 1895), page 431.

2. Sans vouloir rappeler à l'esprit du lecteur le *sic vos non vobis* du poète, qu'il me soit permis néanmoins de dire encore que le poussoir avait été breveté autrefois sous le nom de Dumery, et la vis sans fin sous celui de Godillot, sous lequel elle est encore désignée fréquemment.

des chauffeurs capables, pourra donner une consommation moindre qu'une chaudière à foyer mécanique ». Mais il s'empresse d'ajouter que « les chauffeurs capables et actifs sont chose peu commune et qu'on s'exonère ainsi des difficultés sociales de plus en plus aiguës qu'occasionne la main-d'œuvre ouvrière[1] ». Ces dernières lignes ont été écrites, en 1911, dans une troisième édition; la quatrième, loin de les démentir, les soulignera sans doute.

Résumons la discussion en disant que l'alimentation mécanique des foyers procure généralement une réelle économie quand elle est appliquée avec discernement, qu'elle conduit à une réduction de personnel dans une batterie de générateurs, et qu'elle convient donc plutôt aux installations importantes, dans lesquelles on la complète par des appareils réglant automatiquement le tirage.

Le travail nécessaire pour mouvoir les foyers mécaniques est relativement minime : une grille absorbe moyennement une puissance d'un demi-cheval.

Les tirages artificiels. — On appelle tirage *naturel* celui qui est produit dans les cheminées par la différence de poids existant entre deux colonnes d'air et de gaz brûlés, l'une à la température de l'atmosphère ambiante, l'autre à la température moyenne de la cheminée d'évacuation des gaz brûlés. Ce tirage, suffisant généralement quand on faisait usage de la houille habituellement employée dans les foyers de générateurs, cessait de l'être dans les cas d'allure vive, avec emploi de combustibles anthraciteux, ou particulièrement menus ou fort cendreux. On résolut alors le problème en soufflant les foyers, à l'instar de ce qui se faisait depuis longtemps en métallurgie.

Cette solution présentait un avantage que je dois faire ressortir. Le tirage naturel manque d'élasticité : on ne peut que le restreindre, en barrant plus ou moins le chemin aux gaz en mouvement à l'aide d'un registre; il n'y a pas moyen de l'augmenter. De plus, pour assurer le processus rationnel d'une bonne combustion, on devait donner beaucoup d'air immédiatement après le chargement, puis diminuer son accès à mesure que la couche de combustible devient plus perméable. C'était trop demander au chauffeur, auquel on prescrivait déjà de baisser le registre à chaque ouverture des portes. Sir Prideaux imagina alors un ingénieux appareil monté sur les portes ou disposé sur le registre, dont les anciens Traités font religieusement mention ; mais le régime était encore dépourvu de souplesse, et on fut de nouveau amené à souffler sur le feu. Ce sont les origines du tirage *artificiel*, auquel conviendrait mieux le nom de tirage mécanique. Péclet, Williams et les autres maîtres de l'époque le préconisèrent avec conviction, en déclarant et prouvant qu'il était plus économique que l'autre, bien qu'il nécessitât une dépense supplémentaire d'énergie : ils ne se trompaient pas.

Depuis lors, les applications de ce genre se sont multipliées, et pourtant la cheminée a conservé ses partisans et l'on discute encore s'il vaut mieux de recourir au tirage artificiel qu'au naturel, et quel est le tirage artificiel le plus recommandable et le plus économique. Vaut-il mieux donner à l'air destiné à la combustion une pression capable de vaincre la résistance de la grille, du charbon et des carneaux, ou bien faut-il créer dans la chambre de combustion une dépression en suçant, comme le fait la cheminée, les gaz du foyer? Autrement dit, faut-il souffler sous grille ou aspirer dans la cheminée? Et comment souffler, comment aspirer? Les éjecteurs à vapeur ont leurs détracteurs et leurs partisans : je suis de ces derniers, car l'économie réalisée paie largement la dépense de vapeur qui est de 3 à 4 % de la production, et le jet de vapeur a la précieuse propriété de rafraîchir les barreaux, d'empêcher les mâchefers d'y adhérer, de faciliter et abréger les décrassages, etc. Le ventilateur soufflant est préconisé par d'autres, parce qu'il permet de régler facilement le débit par un réglage de vitesse, et aussi parce qu'on remplace la monumentale et coûteuse cheminée de briques par un simple tube de tôle dépassant à peine le toit : il leur paraît préférable au ventilateur aspirant, soumis à l'action nuisible de la température des gaz, de leurs poussières et de leurs éléments corrosifs.

Louis Prat a imaginé une solution mixte en créant ce qu'il a appelé le tirage *induit*, dans lequel un éjecteur d'air produit l'aspiration; celle-ci est indirecte, un jet d'air pur ou un mélange d'air et de gaz brûlés étant refoulés dans une tuyère logée au pied de la cheminée. D'ingénieux perfectionnements ont été apportés au système par ses successeurs, surtout en diminuant les résistances que les gaz ont à surmonter, et en adaptant mieux le ventilateur à sa fonction.

Un inventeur, dont j'ignore le nom, a combiné le soufflage avec l'aspiration en imaginant le tirage *équilibré* ou *compensé*, dans lequel les deux ventilateurs sont réglés de manière à ce que la chambre de combustion soit maintenue à

1. Izart : *op. cit.*, page 82.

une pression très voisine de la pression atmosphérique, ce qui supprime tous les inconvénients résultant de l'ouverture des portes. On proportionne exactement la quantité d'air envoyée au foyer avec le poids de charbon à brûler, en maintenant une certaine dépression d'air entre le dessus et le dessous de la couche de combustible grâce à l'action combinée du ventilateur qui souffle l'air sous la grille et de celui qui aspire les gaz vers la cheminée. Un indicateur de dépression, branché entre le dessus et le dessous de la couche de charbon, fait savoir au chauffeur, pour chaque qualité de charbon, l'allure à laquelle il doit maintenir les ventilateurs ; mais on peut automatiser cette opération, ainsi que cela est réalisé dans le brevet Hotchkiss. Ce dispositif ne comporte plus qu'un seul ventilateur, un ventilateur soufflant, la cheminée remplissant l'office de l'autre ; ce ventilateur à vitesse, donc à débit variable, est placé sous la dépendance d'un régulateur à vapeur, soumis aux changements de pression de la chaudière et gouvernant l'intensité du soufflage d'après la demande de vapeur ; on adjoint à ce régulateur un second régulateur, agissant par la pression des gaz du foyer et modifiant en conséquence l'ouverture du registre et l'appel de la cheminée.

Ces deux régulateurs coopèrent pour maintenir au-dessus de la grille une pression voisine de celle de l'atmosphère. Le tirage équilibré n'est pas uniquement un appareil de station centrale ; il s'applique avec profit même à des générateurs d'une cinquantaine de m² de surface de chauffe. Le chauffeur n'a plus autre chose à faire que de mettre du charbon sur la grille, et un chargeur mécanique peut même suppléer l'intervention de l'ouvrier : à tous égards, ce système exerce une réelle séduction.

Les réchauffeurs d'air. — La surchauffe de la vapeur et le réchauffement de l'eau d'alimentation avaient élevé le rendement des chaudières par l'utilisation plus entière du calorique des fumées ; le réchauffement de l'air comburant est venu procurer une nouvelle économie, que les théoriciens avaient annoncée, car une haute température du foyer assure une meilleure combustion et augmente les échanges de calorique entre le gaz chauffant et l'eau à chauffer [1]. En usage depuis longtemps pour les fours métallurgiques, cette pratique avait été introduite avec succès dans les chaufferies de la marine ; Poillon en fit une application heureuse aux chaudières fixes, et depuis lors son exemple a été suivi. Il suffit de placer un récupérateur tubulaire à l'extrémité des carneaux et de faire suivre un chemin inverse aux gaz chauds et à l'air introduit dans le foyer pour réaliser un chauffage *méthodique* fructueux. On l'a combiné avec les dispositifs décrits précédemment pour parfaire le rendement ; l'appareil Mix, de la maison Emile Prat, est un exemple de ce que l'on fait dans cette voie, qui comporte de nombreuses solutions également recommandables de MM. Genevet et Cie, de l'Office central de Chauffe rationnelle et de bien d'autres.

Sur ce point encore, nous rencontrons des objections : les hautes températures du foyer ont pour contre-partie une usure plus rapide des grilles et des revêtements ; l'emploi de matériaux de premier choix s'impose. Il faut aussi plus de soin et de surveillance de la part du personnel, qui ne peut plus pratiquer ce qu'on a appelé spirituellement le fonctionnement de père de famille. On n'a rien sans peine.

La pulvérisation du charbon. — Ce n'est non plus une nouveauté, que cette méthode de brûler le charbon après l'avoir pulvérisé finement, et en le projetant dans le foyer par un jet d'air comprimé : les Anglais et les Américains avaient compris que le procédé conduisait à une réalisation d'une combustion complète, réglable à volonté, comparable à la combustion d'un liquide, d'une vapeur ou d'un gaz, qu'on supprime aux temps d'arrêt ; l'opération, devenue entièrement mécanique, simplifie la manutention du combustible, supprime les décrassages et leur cortège d'inconvénients et de déperditions ; elle trouve son application en chaudières d'usines et de locomotives, en fours Martin et en fours à réchauffer, et en gazogènes, ainsi que l'a démontré M. Marconnet. Les frais de premier établissement de l'atelier de pulvérisation sont assez considérables et le lavage, le séchage et le broyage lui-même ne laissent pas que d'être coûteux, mais les économies obtenues conduisent à un amortissement rapide. Le succès est le plus grand avec une houille à 20 % de matières volatiles, renfermant au plus 12 à 15 % de cendres, mais le procédé a encore pu être appliqué à des produits très maigres dédaignés, voire même en Amérique à des crassiers de houillères, a-t-on dit ; il a certainement été étendu à des lignites et à des tourbes. Ce qui importe par-dessus tout, c'est la finesse et l'homogénéité des poudres.

1. La pratique avait du reste confirmé la théorie. Des charbons gras rendaient mal dans les chaudières à foyer intérieur, par suite des condensations produites au contact des tôles relativement froides ; des voûtes réfractaires incandescentes amélioraient la combustion. Des maigres se trouvaient bien des mêmes revêtements réfractaires dans les foyers extérieurs. Pour que les hydrocarbures distillés brûlent, il faut un foyer chaud.

Le chauffage des chaudières au charbon pulvérisé a donné des résultats extraordinaires : ainsi on est arrivé à des combustions complètes, presque théoriques, marquées par une teneur dans les fumées de 1 % d'oxygène et de 17 % d'anhydride carbonique CO^2, sans trace de CO : le rendement a dû être extrêmement élevé. Ces essais ont été faits en Amérique avec des chaudières Bettington verticales, et O' Brien multitubulaires[1], et en France par la Société de Combustion rationnelle.

Les divers appareils que je viens de décrire trop sommairement sont tous de nature à procurer une économie réelle de combustible, quand ils sont appliqués dans les meilleures conditions de leur emploi ; nous dirons d'eux ce qu'on a dit des hommes : *the right... machinery, in a right place*. Je me garderai de laisser voir une préférence pour l'un ou l'autre d'entre eux, laissant aux inventeurs et constructeurs le soin de se faire valoir ; ils n'y manquent pas du reste.

Mais je tiens à signaler qu'ils peuvent presque tous rendre service, même dans les usines de moindre importance, presque aussi bien que dans les chaufferies des grandes centrales, qui n'ont pas le monopole des fonctionnements économiques, quoi que l'on ait pu en dire.

* * *

Je ne reviendrai pas sur ce que j'ai exposé précédemment de l'emploi comme combustibles des pétroles bruts et des résidus de pétrole, mazouts et astakis, dont le pouvoir calorifique élevé met le kg. à parité de 1,5 à 1,75 kg. de bonne houille, et qui se prêtent d'une façon remarquable à une utilisation excellente de leurs calories. On peut estimer aujourd'hui qu'il y a avantage à brûler du mazout dans les foyers, tant que son prix n'est pas supérieur à deux fois et demi celui du charbon. Les Américains emploient leur *fuel-oil* avec avantage depuis de longues années dans leurs usines, leurs chemins de fer, leur marine et leur métallurgie ; les Russes étaient entrés avec succès dans la même voie, et il faut espérer que l'abaissement des droits d'entrée permettra à l'industrie française de suivre leur exemple.

Nous disposons d'ailleurs chez nous d'huiles de goudron, fournies par nos usines à gaz et nos fours à coke, de brais fluides et de poix fusibles, qu'on emploie dans de bonnes conditions à l'aide des brûleurs Omega, Minne, Charmic et autres, ainsi qu'il ressort d'expériences décisives faites en France et en Suisse. Les procédés de distillation et de gazéification, dont nous allons nous occuper, donnent à ces recherches un grand intérêt et une séduisante actualité, puisqu'ils nous permettent d'utiliser des produits, fabriqués dans le pays, pour lesquels nous devons arriver à nous rendre indépendants de l'étranger.

* * *

Si les combustibles solides pulvérisés et les liquides, dont nous venons de parler, présentent pour leur emploi dans les foyers de tout genre de précieux avantages et se prêtent à une utilisation excellente, les combustibles gazeux ne leur sont nullement inférieurs et l'on revendique pour eux, à bon droit et pour des causes analogues, les mêmes facilités d'usage et une égale prééminence de rendement, sur lesquelles je ne pourrais revenir sans me redire.

Des brûleurs de types assez différents ont été proposés pour assurer un contact intime et sûr des éléments comburants et combustibles ; il faut moins d'imagination et de génie inventif pour les concevoir que d'habileté pour les exécuter et surtout d'esprit pratique pour les installer dans les conditions les plus avantageuses. Une innovation intelligente a donné d'heureux résultats ; elle a consisté à mêler préalablement le gaz à brûler à une certaine quantité d'air oxydant, avant de l'amener à l'appareil dans lequel s'effectue la combustion, au contact de l'air fourni d'autre part ou rencontré dans l'atmosphère. Tout retour de flamme dans le mélange, qui peut être tonnant, est rendu impossible, si la vitesse de la veine gazeuse reste constamment supérieure à la vitesse de propagation de la flamme dans ce mélange, condition qu'il est toujours facile de remplir : des dispositifs d'arrêt par toiles métalliques, par sections chicanées ou par d'autres moyens, interviendront d'ailleurs en cas d'accident imprévu dans le fonctionnement.

Le Professeur Bone, de Leeds, reprenant des expériences classiques de sir Humphry Davy, de 1816, et une tentative d'application pratique, effectuée par l'ingénieur Fletcher en 1887, a réalisé un mode de combustion des gaz, qu'on a nommé « combustion catalytique » ou encore « combustion sans flamme » : la méthode consiste à projeter un mélange de gaz et d'air, soigneusement dosé, dans la proportion théorique de combinaison complète, sur du platine ou un autre métal et mieux encore sur ou bien à travers un corps poreux réfractaire, préalablement chauffé au rouge sombre ; la masse passe rapidement au rouge vif, et l'incandescence ainsi développée persiste aussi longtemps que dure

1. Voir à ce sujet un travail de M. Piernet dans la *Revue générale de l'Electricité*, 29 juin 1918.

la projection ou l'afflux gazeux, en développant et en rayonnant un calorique intense[1]. M. Bone a établi sur cette donnée diverses sortes de foyers pour l'usage domestique, la concentration des sirops, le chauffage de creusets, etc.; puis il est venu à construire pour l'industrie une chaudière, dite « sans flamme », qui est une multitubulaire dont les tubes à fumée sont bourrés de fragments de briques réfractaires; un ventilateur aspire à travers ces tubes un mélange de gaz et d'air dosé, qui y brûle en maintenant au rouge leur contenu et en chauffant l'eau qui les entoure et circule autour d'eux.

La combustion s'y fait complète, attendu que les fumées renferment 1,2 % d'oxygène, 18,1 % de CO^2 et pas du tout de CO : aussi le rendement de cette chaudière s'est-il élevé à 90 %, valeur inconnue pour tout autre générateur de vapeur. Les tubes ne subissent aucune altération qui puisse donner des craintes sur leur résistance; on modifie du reste leur forme, quand on emploie des gaz de gazogènes ou de hauts fourneaux entraînant avec eux des poussières. En Angleterre et en Amérique, le système a été appliqué en métallurgie avec un égal succès, pour des fours de trempe et des fours à recuire.

Les procédés de la *Surface Combustion C°* de New-York dérivent de la même idée; ils ont trouvé surtout leur emploi dans les fours, en recourant de préférence à un brûleur à projection, dit *impact type*. Une simple tuyère projette à grande vitesse le mélange gazeux sur un lit de matériaux réfractaires en fragments, et la combustion se localise au point que l'on veut : pour empêcher le nez de cette tuyère de s'échauffer outre mesure, on le refroidit par une circulation d'eau et mieux encore par un dispositif à ailettes rayonnantes. On fait aussi usage de brûleurs *Tunnel*, et de brûleurs à *jets opposés* assurant de même une utilisation parfaite. La Compagnie générale de Construction de fours a acquis en France la licence d'exploitation de divers brevets américains, qui donnent d'excellents résultats avec du gaz de ville surpressé à 700 gr., et du gaz de gazogène à 50 gr., ou moins encore, et se prêtent à d'importantes installations.

Les gaz combustibles de toute origine conviennent à ces diverses applications.

Les Américains ont la bonne fortune de disposer de gaz naturels, qui jaillissent du sol, en Pensylvanie, dans l'Ohio, etc.; on en alimente des foyers, des aciéries, des verreries, des usines de produits céramiques et de nombreuses chaudières à vapeur dans des conditions économiques exceptionnelles, puisqu'il n'y a qu'à prendre le gaz et à le distribuer.

Le Canada, la région du Caucase, la Chine, l'Australie, la Haute-Autriche, la Hongrie, l'Angleterre possèdent aussi des sources de gaz; dans le bassin de la Sarre, on a même pu utiliser un dégagement de grisou. Pour nous, en dehors de quelques jets captés à Bugey, dans l'Ain, et à Pechelbronn, dans le Bas-Rhin, nous ne disposons que de gaz fabriqués dans des cornues ou des fours à coke, par distillation, dans des hauts fourneaux, dans des opérations de réduction de minerai, ou dans des gazogènes par gazéification.

Le gaz riche des usines à gaz des villes est frappé de droits de monopole et de canalisation, qui limitent son emploi industriel. Celui des fours à coke est un sous-produit d'une opération fructueuse par elle-même, qui donne, par récupération et régénération, outre le coke et divers carbures, une proportion considérable d'excellents gaz, dont une partie est consommée sur place, pour chauffer les fours qui les engendrent, mais dont le reste est utilisé dans des fours métallurgiques, Siemens-Martin et autres, et sous des chaudières à vapeur, procurant de la sorte au pays une économie considérable de combustible, dont nous avons méconnu longtemps l'importance, alors qu'en Angleterre et en Allemagne on en tirait parti déjà dans des conditions remarquables. Il est vrai que la majeure partie des gaz engendrés par les fours à coke va aujourd'hui à des moteurs, qui en utilisent souvent mieux les calories, et développent en tout cas une puissance double de celle que donnent les machines à vapeur, alimentées par les générateurs chauffés au gaz[1]. Nous aurons à revenir sur cette question, ainsi que sur celle des gaz de hauts fourneaux, qui en est connexe. Disons seulement que, s'il a été déjà réalisé beaucoup de progrès dans cette direction, il y a encore énormément à faire, surtout en France. C'est par millions qu'on peut estimer les tonnes de houille à gagner.

La métallurgie du cuivre fournit aussi des gaz combustibles; à la Krughütte (c'est encore en Allemagne!), on recueille un gaz très pauvre, renfermant néanmoins jusqu'à 24 % de CO, qu'il faut laver et quelquefois enrichir, mais dont on tire parti.

En plus des gaz qu'il ne faut point laisser perdre, il y a ceux que pourrait nous donner le

1. BONE : *op. cit.*, page 445. Voir aussi l'article publié dans cette Revue, le 15 mai 1919, par M. DESMARETS, sous le titre de : *La combustion par surface*.

1. Qu'on me permette de renvoyer à ma *Dernière Evolution des Moteurs à gaz* (Paris, Louis Geisler, 1910), pages 19, 96, etc.; voir aussi la 4e édition de mon *Traité des Moteurs à gaz*, aux chapitres des gaz et des gazogènes.

traitement méthodique des charbons, dont on s'est tant occupé en ces derniers mois, et qui semble devoir constituer une réforme radicale de procédés de combustion déclarés barbares et archaïques, donc surannés; toute notre houille et tous ses succédanés devraient passer, dit-on, d'abord par des cornues de distillation et par des gazogènes, de manière à procurer une utilisation rationnelle et complète de tout ce qu'ils renferment. Ces projets, dont j'ai déjà entretenu mes lecteurs dans la première partie de cette étude, et auxquels je n'ai reproché que d'être trop vastes pour l'heure présente et de tendre à une révolution des procédés, plutôt qu'à leur lente évolution, ne sont pas nés d'hier; les ingénieurs allemands les ont étudiés dès le début de la grande guerre, et le sous-secrétaire aux finances de l'Empire, comte von Rœdern, avait confié à quatre techniciens réputés de rédiger des Mémoires, qui devaient être soumis au Reichstag, au moment de la discussion des impôts dont on voulait frapper les combustibles [1].

J'ai ces Mémoires sous les yeux; ce sont des œuvres érudites : on n'attendait pas moins des docteurs et professeurs qui les ont écrites; on n'analyse pas en une page de semblables travaux, mais on peut exprimer l'impression qu'ils laissent dans l'esprit. Or, cette impression se traduit par de prudentes réserves. Voici une phrase imprimée en gros caractères dans la première étude du Professeur Docteur-Ingénieur h. c. N. Caro; après avoir reconnu les services qu'ont rendus les nouveaux procédés préconisés, il dit : « Dans un grand nombre de cas, au contraire, il est plus économique (*wirthschaftlicher*) et on est conduit à une moindre dépense de combustible (*und der Brennstoff sparend*), si l'on brûle celui-ci directement sans gazéification (*ohne Vergasung*) et sans récupération des sous-produits. » M. Lempelius, dans le 4e Mémoire, critique vivement des appréciations trop optimistes, basées sur une erreur qu'il signale, des Docteurs Besemfelder et von Dewitz, publiées en 1916, et il cite des chiffres extraits d'un bilan de l'usine de Charlottenburg (Berlin) qui, pour utiliser au mieux ses cokes et ses benzols, mêlait à son gaz de distillation du gaz à l'eau carburé et n'avait rien gagné à le faire. Le Professeur Caro rappelle les difficultés qu'a rencontrées la Société Mond, qui avait monté une grande centrale dans le South-Staffordshire, où elle trouvait un charbon approprié à ses entreprises et peu cher; elle fabriquait jusqu'à 50 kg. de sulfate d'ammoniaque par tonne de houille et vendait son gaz à bon prix à un établissement ami voisin : l'affaire végéta quinze ans. L'impression générale que laisse l'étude du factum allemand est en somme peu encourageante : elle conseillait une attitude plus expectante qu'allante.

Les souvenirs personnels que j'ai gardés d'un arbitrage, qui m'avait été confié en pays étranger, il y a quelques années, ne me portent non plus à une confiance exagérée dans le succès de ce genre d'entreprises : une puissante centrale avait été créée, aux portes d'une grande capitale, pour utiliser certaines houilles bitumineuses que l'on recevait dans de bonnes conditions; des gazogènes Duff (du genre Mond) alimentaient de beaux moteurs à gaz, qui actionnaient directement des alternateurs; on récupérait benzols, goudrons et produits ammoniacaux. Les gazogènes, les moteurs et les alternateurs étaient excellents; mais les rendements en sous-produits, sur lesquels on avait compté pour réaliser un prix réduit du kilowatt-heure, ne furent point obtenus, nous en fîmes officiellement la décourageante constatation; l'affaire périclita et aboutit à une onéreuse liquidation.

« Vous mêlez les arguments économiques aux considérations techniques », me dit-on : je le reconnais, mais ils sont difficiles à séparer, car on monte généralement des centrales pour faire des affaires fructueuses et pour gagner de l'argent. Malgré cela, je m'incline devant l'objection et ne ferai pas état de l'abaissement des prix du coke, du goudron, du benzol et des produits ammoniacaux qui serait le résultat fatal du traitement de 32 millions de tonnes par exemple sur les 64 que nous consommons annuellement. Je ne parlerai donc pas de francs, je ne m'occuperai que de calories. Eh bien, si l'on s'en tient aux calories, il est incontestable que les calories disponibles dans les produits et les sous-produits combustibles sont en nombre inférieur à celles de la houille d'où on les tire; tous sont d'accord sur ce point, les Allemands, M. Métivier, M. Joulot et les autres [1]. Il n'en peut être autrement. En effet le traitement en gazéification et en récupération n'est pas gratuit; je ne

1. Ces Mémoires ont été réunis et publiés sous le titre général suivant : *Die rationelle Ausnutzung der Kohle*; *Technische Gutachten zur Vergasung und Nebenproduktengewinnung* (Berlin, Carl Heymann, 1918). On a examiné d'abord la question dans sa généralité, puis l'emploi des sous-produits au double point de vue de la production de puissance motrice, et de leur valeur chimique; enfin le quatrième travail envisage surtout le côté économique de la thèse. Les auteurs sont les professeurs Caro et Klingenberg, le chimiste Russig et le directeur Lempelius.

1. Le travail de M. Métivier m'est connu par un article du *Génie Civil* déjà cité; l'étude de M. Joulot, intitulée : *Sur l'utilisation judicieuse des combustibles*, a paru dans la *Technique moderne*, en décembre 1919.

donnerai pas de chiffres, car on en a déjà alignés assez sur ce sujet. Je préfère présenter un raisonnement : dans un foyer bien conditionné, procurant une combustion complète, sans oxyde de carbone, ni hydrocarbure dans les fumées, perd-on du carbone, des benzols, des goudrons sans les brûler ? Nullement, on ne jette à l'air sans utilisation des calories que les produits ammoniacaux incombustibles qui n'en peuvent donner.

Quelle différence y a-t-il donc entre un foyer à combustion directe et immédiate et les appareils distillateurs et gazéificateurs ? Les premiers brûlent les éléments de la houille en un temps, tous ensemble, les autres les fractionnent et les séparent pour les utiliser au mieux soit dans des foyers avec brûleurs à gaz, ou sous des chaudières plus perfectionnées, telles que les chaudières sans flamme, surtout dans des moteurs à gaz riches ou pauvres et des moteurs à combustion interne. Le bénéfice de l'opération se recueille par suite dans le second temps. Il est appréciable dans certains foyers, nous l'avons vu ; il est beaucoup plus considérable dans les moteurs, mais exige le concours d'une technique très éclairée, d'une pratique fort avertie et d'un ensemble de conditions favorables, ainsi que nous le constaterons dans la suite de notre étude, dans laquelle nous formulerons les conclusions finales qui ressortent de cet intéressant débat.

Aimé Witz,
Correspondant de l'Institut.

LE CHAUFFAGE INDUSTRIEL PAR LE CHARBON PULVÉRISÉ

Jadis — avant la guerre — les peuples les plus avancés en civilisation et les plus habiles en industrie, usaient et même abusaient assez largement de cette richesse mondiale, la houille, qu'une nature prévoyante accumula pour nous pendant de longs siècles, pendant des millénaires peut-être, dans les profondeurs de la Terre. Malgré les perfectionnements incessants des chaudières et des moteurs, entre les calories offertes par le charbon et l'énergie mécanique recueillie sur l'arbre du moteur, fût-ce une machine compound à surchauffe et à condenseur du dernier modèle, la proportion était singulièrement inférieure à ce qu'indiquent les traités de Thermodynamique comme rendement théorique. Mais on ne s'en inquiétait pas autrement : la grande industrie anglaise, américaine, belge ou allemande vivait principalement « sur le charbon », c'est-à-dire à proximité des houillères ; l'industrie française, généralement beaucoup moins bien partagée, importait ce qu'il lui fallait, à des prix qui nous semblent aujourd'hui dérisoires, et partout on puisait à même le stock souterrain dont les géologues assuraient que la planète ne verrait pas l'épuisement avant plusieurs générations successives[1].

La guerre a passé, avec toutes ses conséquences désastreuses, et nous savons tous aujourd'hui, par expérience personnelle, que le charbon, le vulgaire tout-venant, est actuellement denrée rare et précieuse, surtout en France. Non point que les gisements aient changé, mais une grande partie des mines françaises détruites et inondées, certaines mines belges arrêtées ou entravées pendant la guerre, enfin les désastreuses grèves dont l'épidémie couve sans cesse et éclate à trop courts intervalles, tantôt ici, tantôt là, ont réduit la production dans des proportions déplorables[1]. Nos arrière-neveux nous devront ce combustible dont la génération actuelle aura fait, bien à contre-cœur, l'économie ; peut-être, d'ailleurs, s'en soucieront-ils peu, s'ils savent utiliser économiquement, d'abord la houille blanche de la terre entière, puis la force des vagues et des marées, et enfin, dans les pays tropicaux, la chaleur directe des rayons solaires. Quoi qu'il en soit, *primum vivere*, et il s'agit aujourd'hui de remplacer le charbon dans la plus grande mesure possible, ou, en tout cas, de ne rien perdre des quantités restreintes que les mineurs veulent bien, par intermittences, abattre et remonter du fond des houillères.

Le remplacement du charbon, dans l'industrie, peut avoir lieu, d'abord en captant la houille blanche jusqu'ici trop faiblement utilisée, — en

1. Le Congrès de Géologie de Toronto, en 1913, après avoir réuni les évaluations de toutes les compétences du globe, a estimé à plus de 7.000.000.000.000 de tonnes les réserves de houille alors connues, dont 800.000 000.000 pour l'Europe, et 17.000.000.000 pour la France seule. On ne peut donc pas parler de disette de charbon, mais uniquement d'impuissance à l'utiliser.

1. Sans parler des difficultés de transport qui, soit impuissance des réseaux ferrés, soit arrêts de la navigation fluviale par les crues et les grèves de mariniers, font que le charbon importé à grands frais s'entasse stérilement sur les quais des ports.

France notamment[1]; — puis en brûlant du bois ou des huiles lourdes de pétrole, combustibles qui ne sont pas employés chez nous sur une très grande échelle, mais qui ont pris de l'extension respectivement dans les pays forestiers ou producteurs de pétrole[2].

Cependant, bois et pétrole sont, en France, des matières dont nous ne disposons qu'en quantités limitées, et leur emploi n'exclut pas celui d'autres systèmes économiques.

Parmi ceux-ci, l'un des plus importants consiste dans une économie du charbon réalisée : soit, s'il est de bonne qualité, par sa gazéification[3] sur une très vaste échelle (avec récupération générale et intégrale de ses nombreux et précieux sous-produits : goudron et ses dérivés), laissant du coke propre au chauffage domestique, industriel ou métallurgique; soit, s'il est maigre, cendreux, à l'état de fines de peu de valeur, en l'agglomérant sous forme de briquettes (de boulets, pour les usages domestiques), soit par sa combustion immédiate sous la forme de poussières fines brûlant comme une sorte de brouillard combustible entraîné et constamment renouvelé par un jet permanent d'air comprimé lancé dans le foyer.

La fabrication des briquettes et boulets, agglomérés de poussière et de brai, est connue depuis longtemps, et, notamment, l'emploi des briquettes sur les locomotives est classique dans nos réseaux de chemins de fer. L'utilisation directe du charbon finement pulvérisé, bien que préconisée depuis fort longtemps,— comme la plupart des inventions qui nous étonnent par leur apparente nouveauté[4], — est au contraire encore exceptionnelle, surtout en France, et nous aurons à décrire principalement des systèmes étrangers, ainsi que des applications réalisées outre-mer. C'est ce qui nous engage à consacrer, dans la *Revue*, une étude à ce mode spécial de chauffage industriel.

I. — Le charbon pulvérisé dans le chauffage industriel

Le principe de l'emploi du charbon pulvérisé, étant fort simple, n'est naturellement pas nouveau : il s'agit de réduire la houille tout-venant dont on dispose en un poussier très fin et très homogène, et de la projeter, par une soufflerie d'air comprimé, dans le foyer où chaque particule s'enflamme et brûle immédiatement, tandis que les cendres tombent dans le cendrier ou dans les carneaux, et sont évacuées à intervalles voulus, par des dispositifs mécaniques appropriés.

Ces installations sont des genres les plus variés: gazogènes, fours métallurgiques, ou fours industriels divers, chaudières à vapeur de tout genre, et enfin, comme cas particulier (mais fort important) de cette catégorie, chaudières de locomotives.

Les Américains du Nord, qui sont les initiateurs de ce système, tout au moins au point de vue industriel (car on cite un four à puddler chauffé de cette façon, dès 1873, à l'arsenal anglais de Woolwich), ont adopté en général la série suivante d'opérations qui se retrouve, à quelques variantes près, dans toutes les grandes installations.: 1° concassage ; 2° dessiccation ; 3° pulvérisation fine ; 4° transport, puis distribution du combustible ; 5° agencement des foyers et combustion.

D'une façon générale, toutes les houilles maigres, les anthracites, les lignites, la tourbe même, peuvent brûler à l'état pulvérisé; il est préférable, cependant, de partir d'une marchandise contenant au moins 20 % de matières volatiles, et au plus 12 % de cendres. On conçoit que, plus le broyage est fin, plus la surface d'inflammation est grande, et mieux le mélange d'air et de charbon tient le feu ; il est bon que 85 % des fines de charbon passent au tamis de 80 × 80 mailles au centimètre carré, et que le reste passe au tamis de 40 × 40 mailles.

Le charbon tout-venant est lavé, s'il y a lieu, et concassé dans des broyeurs à cylindres, en morceaux passant au tamis à mailles de 1 pouce

1. L'aménagement hydraulique du Rhône est enfin décidé, et la participation de la Ville de Paris à cette grande entreprise assurera à la région parisienne une large proportion de cette magnifique réserve d'énergie qui se perd quotidiennement entre Genève et la Méditerranée. La *Revue* publiera très prochainement une étude détaillée à ce sujet.

D'autre part, la Chambre des Députés a adopté, le 10 juillet, un important projet de loi sur le régime légal des usines hydrauliques ; ce projet, ainsi qu'un autre adopté le 2 septembre, et complétant la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'électricité, pour déterminer l'entr'aide des réseaux actuellement isolés et sans liaison, donneront un essor précieux à l'industrie de la houille blanche.

2. Voir à ce sujet les précédents articles de M. A. Witz : La houille, ses succédanés et ses adjuvants, et de M. Berger : Le combustible liquide, dans la *Revue gén. des Sciences* du 15 février 1920.

3. Le Comité général du Pétrole préconise l'usage exclusif, dans l'industrie métallurgique, de coke fabriqué en France (avec récupération, bien entendu, des sous-produits), et l'usage, dans les industries diverses, des gaz de distillation de la houille, ainsi que des benzols et huiles lourdes obtenues dans cette distillation. Les moteurs Diesel et semi-Diesel trouveront là un champ très considérable, justifié par les services qu'a déjà rendus ce type de machine, notamment pour la propulsion des sous-marins.

4. Le bel article consacré par la *Revue* du 15-30 août 1919, au centenaire de Léonard de Vinci, nous indique combien de grandes inventions réalisées de nos jours seulement furent nettement conçues et patiemment étudiées par le génie de ce précurseur.

de côté (soit entre 2 et 3 centimètres). Aussitôt après, le charbon est desséché; cette opération est assez coûteuse, et il est toujours désirable d'éviter, quand la qualité de la marchandise le permet, l'installation d'une laverie qui entraîne ensuite de gros frais de dessiccation du charbon qui en sort.

Les sécheurs sont habituellement rotatifs, recevant le charbon par une trémie et le faisant passer d'un bout à l'autre, par leur rotation continue, pendant qu'ils sont traversés par les gaz de combustion des chaudières ou fours de l'installation

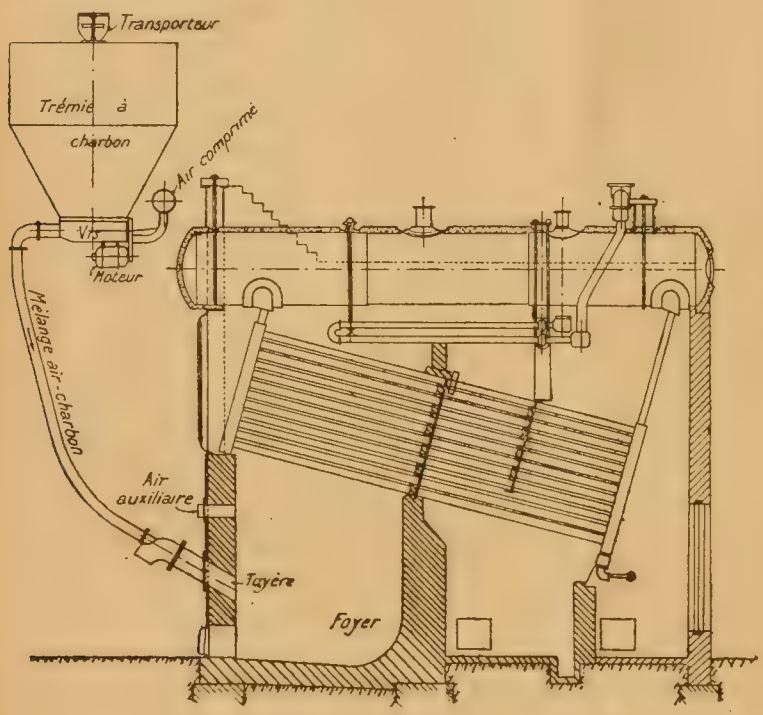


Fig. 1. — *Coupe d'une chaudière Balcock-Wilcox, chauffée au charbon pulvérisé.*

(assez refroidis, bien entendu, pour ne pas risquer d'enflammer le charbon humide, ni même de produire un commencement de distillation).

On complète volontiers cette installation par un séparateur magnétique qui enlève du charbon les débris de fer (d'outils ou autres ferrailles) qu'il peut renfermer, et qui nuiraient à sa pulvérisation.

Le charbon est ensuite remonté dans une trémie de vastes dimensions, un véritable silo ou accumulateur, qui alimente les appareils de pulvérisation : ceux-ci doivent être constamment et régulièrement alimentés, la trémie est étanche, et le charbon y est toujours en mouvement, pour combattre les tendances à l'échauffement.

Les pulvériseurs sont des moulins, généralement à galets ou à boulets, dont nous donnerons plus loin quelques exemples; ces appareils sont connus de longue date et employés par milliers dans les industries du ciment, du plâtre, etc. Nous n'y insisterons donc pas.

Le transport du charbon pulvérisé, depuis les broyeurs jusqu'aux appareils d'utilisation, se fait de différentes manières, suivant l'importance de l'installation et les distances à parcourir. Pour des installations moyennes, on se sert volontiers de vis d'Archimède, enfermées dans des enveloppes étanches. Un autre dispositif très employé est le transport pneumatique, par suspension de poussières de charbon dans un courant d'air ou de gaz inerte (à température telle qu'il n'y ait pas de danger d'explosion); on adopte de plus en plus, comme véhicule, le gaz des carneaux de fumée.

On utilise également la propulsion par l'air comprimé, ceci dans les grandes installations où le charbon doit être réparti à des appareils assez éloignés les uns des autres.

Dans tous les cas, le charbon arrive dans des trémies d'attente, devant les chaudières ou les fours, desquelles il est repris par une vis et amené aux tuyères et aux brûleurs proprement dits. La figure 1 montre nettement la coupe d'une chaudière Babcock-Wilcox, et la figure 2 donne le détail du distributeur et de la tuyère. On y voit le moteur électrique actionnant la vis du distributeur, et les palettes rotatives montées à la suite, sur le même axe. Le mélange d'air et de charbon est injecté dans le foyer par une tuyère munie d'une aspiration d'air extérieur; enfin, le foyer de la chaudière est muni, en

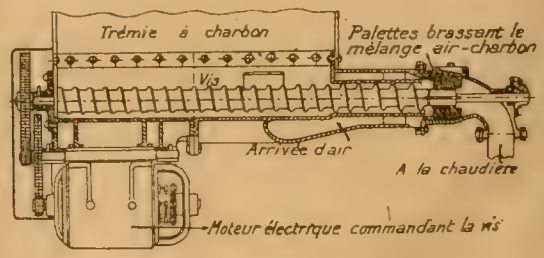


Fig. 2. — *Détails du distributeur et du brûleur*

outre, d'une entrée d'air auxiliaire qui fournit le volume nécessaire à la combustion complète.

Après cet exposé général de la méthode, dont on a pu aisément apprécier la simplicité, il nous

reste à donner quelques exemples de diverses installations fixes dans les catégories gazogènes, fours métallurgiques et chaudières à vapeur.

II. — Installations fixes

§ 1. — Gazogène Marconnet

L'emploi du charbon pulvérisé dans les gazogènes a été préconisé par M. Marconnet, Ingénieur des Arts et Manufactures, qui, vers 1905, en a fait l'application de la façon suivante. Le poussier, approvisionné dans une trémie par le broyeur destiné à parachever sa pulvérisation à l'état de finesse voulue, est envoyé au moyen d'un distributeur dans un ventilateur qui insuffle

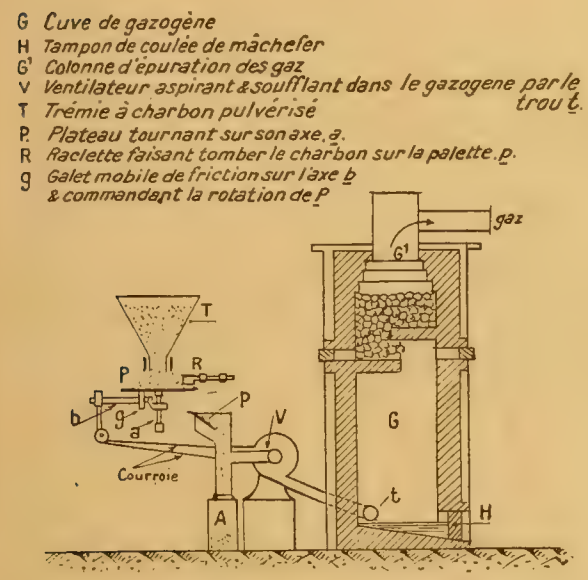


Fig. 3. — *Coupe verticale schématique d'un gazogène Marconnet.*

le mélange d'air et de charbon, convenablement dosé à la base de la cuve du gazogène ; il y entre tangentiellement. La figure 3 donne le schéma d'ensemble de l'appareil.

Le départ de la combustion se fait en jetant dans la cuve quelques morceaux de bois enflammés ; le poussier prend feu, et les cendres (projetées par la force centrifuge sur les parois, où elles se déposent en gouttelettes liquides) forment un laitier qu'on évacue de temps à autre par un trou de coulée inférieur.

Pour la régularité de la marche du gazogène, il faut régler les proportions d'air et de charbon à toutes les allures du fonctionnement. Dans ce but, le poussier tombe de la trémie sur un plateau circulaire horizontal, tournant autour de son centre sous l'action d'une poulie qu'entraîne la courroie du ventilateur ; leurs vitesses respectives sont donc constamment proportionnelles. Une raclette fait tomber le charbon du bord du plateau sur une glissière qui alimente le ventilateur : d'où proportionnalité constante entre le débit du ventilateur en air et le débit du plateau en charbon. Cette proportion est d'ailleurs réglable par modification du rapport des vitesses angulaires du ventilateur et du plateau, par abaissement du plateau plus ou moins au-dessous de la base de la trémie, enfin par allongement ou raccourcissement de la partie de la raclette qui balaie le poussier à la périphérie du plateau, et le précipite dans la glissière.

Pour l'alimentation des moteurs à gaz, le gazogène est surmonté d'une colonne d'épuration ; pour le chauffage des chaudières, les gaz produits sont utilisés directement dans le foyer, et, pour profiter complètement de leur température élevée, le gazogène est placé à proximité immédiate de la chaudière ou des chaudières qu'il doit alimenter.

Une telle installation permet l'emploi de combustibles pauvres, voire même du poussier de coke, réalise le chargement automatique, procure une fumivorité complète, et réduit notablement la main-d'œuvre, ce desideratum plus important que jamais, aujourd'hui. Elle admet des taux de combustion de 500 à 800 kg. par m² de section de la cuve, ce qui en réduit les dimensions : ainsi, un gazogène pour moteur de 600 chevaux n'occupe que 2 m. × 3 m. en plan, avec 3 m. de hauteur.

§ 2. — Fours métallurgiques

Dès 1895, l'Atlas Cement Portland C° mit en train le chauffage de ses fours à ciment au charbon pulvérisé. C'est seulement une dizaine d'années plus tard qu'on installa les premiers fours à réverbère à chauffage de ce genre. Citons, parmi les plus importantes usines américaines qui ont développé, depuis lors, sur une grande échelle, ce genre d'installations : la Canadian Copper C°, dans l'Ontario ; les usines de cuivre d'Anaconda, à Butte (Montana, É.-U.), l'American Iron and Steel Manufacturing C°, à Lebanon (Pennsylvanie), etc. La figure 4, empruntée au *Génie Civil*, représente la coupe horizontale d'un four Martin chauffé ainsi, d'après un mémoire de M. Gadd, ingénieur de cette dernière Société, présenté au Franklin Institute de Philadelphie, en avril 1916. On y voit en V la vis d'amenée du charbon dans la trémie ; le mélange injecté dans la chambre de combustion C donne une flamme qui traverse tout le four et dont les gaz s'en vont dans le carneau D. La coupe *xy* montre les

trois brûleurs, dont *a* est à haute pression et à grand débit, tandis que *b* et *c*, à basse pression et à faible débit, sont constamment en service, de façon que, quand on fait fonctionner *a*, la chambre C, déjà échauffée, se remplit immédiatement de flammes. Des ouvertures d'air supplémentaires sont ménagées dans le haut de cette chambre.

Les cendres produites dans la chambre C tombent sur le sol de cette chambre et sont rejetées dans des wagonnets, comme le montre la figure; celles qui sont entraînées par les flammes tombent au bas du carneau D, où elles s'accumulent en masse plus ou moins pâteuse. Les gaz de la combustion vont ensuite chauffer des chaudières, et le four de cendres qu'ils contiennent encore se dépose sur les tubes de ces chaudières, qu'on nettoie quotidiennement par des injections de vapeur.

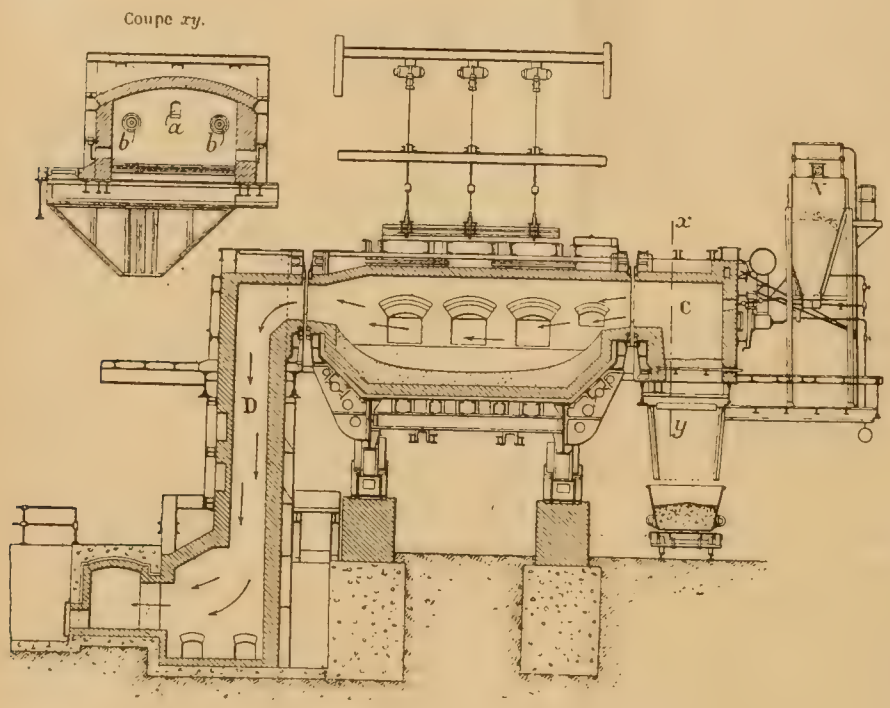


Fig. 4. — *Coupe d'un four Martin, chauffé au charbon pulvérisé.*
V, vis d'amenée du charbon dans la trémie; C, chambre de combustion; D, carneau d'échappement des gaz; *a*, *b*, *c*, brûleurs.

§ 3. — Installations des systèmes Fuller et Holbeck

Deux types d'installations, très employés en Amérique, et introduits en France par la Société « La Combustion rationnelle », sont ceux de Fuller et de Holbeck (ou Bonnot, M. Holbeck étant l'ingénieur en chef de la Cie Bonnot).

1. *Procédé Fuller.* — Ce procédé est employé pour tous les genres d'installations, et en particulier pour les fours Martin, avec lequel l'« Eastern Steel C° » à Pottsville, l'« Atlantic Steel C° » à Atlanta, la « National Malleable Casting C° » à Sharon, accusent des consommations de charbon variant de 225 à 270 kg. par tonne d'acier avec des fours de 35 tonnes, de 50 tonnes et de 75 tonnes, les coulées se faisant au bout de 12 à 14 heures.

Des bacs à laitiers ont été prévus au point où les cendres scorifiées pouvaient se déposer sans inconvénients pour la marche du four. Ces bacs sont faciles à remplacer en cours d'opération et la manœuvre se fait en quelques minutes.

Pour ce qui concerne les chaudières fixes, voici quelques détails pratiques d'installation et de fonctionnement.

L'atelier de pulvérisation étant placé auprès de la batterie de chaudières à desservir, le charbon pulvérisé, entraîné par le transport à vis, vient remplir les trémies placées auprès de chaque chaudière. Les distributeurs alimentent les brûleurs.

Suivant la disposition de la batterie, un ou plusieurs ventilateurs envoient aux brûleurs une partie de l'air nécessaire à la combustion. L'autre partie pénètre par des ouvertures ménagées dans les brûleurs et dont le réglage permet de n'introduire que l'air strictement nécessaire.

Chaque chaudière forme un tout complet dont le fonctionnement ne peut avoir aucune influence sur la marche des unités voisines. Il est donc possible d'arrêter un nombre quelconque de chaudières de la batterie, sans autres précautions que la fermeture de registres et l'arrêt des distributeurs correspondants. De même, les essais de vaporisation, les mesures de consommation, sont possibles sans difficultés spéciales.

Comme la conduite du foyer est réduite à un simple réglage de la distribution de charbon et

de l'arrivée de l'air, la main-d'œuvre peut être réduite dans de grandes proportions.

Une économie de combustible pouvant atteindre 15 % et plus est assurée, puisqu'en dehors de l'utilisation complète du pouvoir calorifique du charbon, le combustible d'allumage et les escarbilles sont supprimés.

La fumée ne doit plus exister. Un panache de fumée à la cheminée indique un mauvais réglage des brûleurs et, par suite, une négligence dans le service du chauffeur.

Enfin, on peut réaliser une vaporisation intense, double de la vaporisation normale, sans que la chaudière ait à souffrir de cette marche à grande production. Ce dernier avantage est apprécié des centrales électriques, qui ont à parer, à des heures déterminées, à une demande anormale de courant.

Il n'est pas indispensable que la centrale de pulvérisation soit placée auprès des foyers à desservir. L'atelier Fuller permet le transport à grande distance du charbon pulvérisé au moyen de l'air comprimé. Le transporteur à vis chargé du remplissage des trémies est remplacé, dans ce cas, par un réservoir de 4 à 5 tonnes de capacité recevant la poussière de charbon. Quand le réservoir, dont l'étanchéité doit être absolue, contient une charge de charbon pulvérisé, il suffit de refouler par une chasse d'air la poussière dans une conduite de faible diamètre (75 à 100 mm. environ) et d'effectuer le remplissage des trémies aux chaudières par la simple manœuvre de robinets spéciaux.

La possibilité de cette opération s'explique par l'état du charbon fraîchement pulvérisé, qui forme une matière fluide coulant comme de l'eau et ne se tassant pas immédiatement [1].

Nous avons dit que le charbon devait être préalablement séché, puis pulvérisé dans des broyeurs.

Le sécheur Fuller se compose d'un cylindre en tôle sans garnissage intérieur, incliné sur l'horizontale et tournant autour de son axe ; il passe dans une étuve où les gaz, après avoir réchauffé l'extérieur du cylindre, sont entraînés, dans un carneau en tôle, vers la hotte située au bout inférieur du séchoir ; ils repassent ensuite, en sens inverse, dans l'intérieur du cylindre et sortent par son bout supérieur, après avoir léché le charbon (brassé par la rotation du cylindre). Une seule opération peut réduire de 10 % à 1 % la teneur en humidité. Le foyer consomme 1 kg. de charbon pour évaporer 6 kg. d'eau hygrométrique.

A la sortie du sécheur, le charbon tombe dans une goulotte où un électro-aimant retient tous les débris de fer ou d'acier dont l'entrée dans le pulvériseur doit être évitée avec le plus grand soin. Il est ensuite recueilli par un élévateur et déversé dans une trémie destinée à l'approvisionnement du pulvériseur.

Le pulvériseur Fuller se compose essentiellement de 4 boulets roulant dans une gouttière horizontale fixe, formant anneau de broyage. Ces boulets sont poussés par des pièces mises en mouvement par un arbre vertical. Le tout est enfermé dans une enveloppe en fonte et forme la zone de broyage.

Au-dessus de la zone de broyage est un ventilateur calé sur le même arbre vertical, qui soulève les poussières les plus fines produites par les boulets. Une toile métallique formant tamis, disposée autour du ventilateur, ne laisse passer que les particules de charbon réduites à la finesse voulue.

Au-dessous de la zone de broyage, et calé sur le même arbre, est un second ventilateur aspirant dont l'effet est d'obliger les poussières à passer à travers le tamis et à se réunir dans le bas du pulvériseur. Des raclettes les rassemblent et les poussent à l'extérieur.

Les conditions de pulvérisation du charbon se résument ainsi :

95 % de la matière traitée doivent traverser le tamis de 100 mailles au pouce linéaire, ou 1.600 mailles au cm² ;

85 % de la même matière doivent traverver le tamis de 200 mailles au pouce linéaire. ou 6.400 mailles au cm² ;

70 % de la même matière doivent traverser le tamis de 300 mailles au pouce linéaire, ou 14.400 mailles au cm².

Il n'est donc pas exagéré de dire que, dans le foyer, ce charbon mélangé d'air se comporte comme un véritable gaz.

Au point de vue du fonctionnement du distributeur, on peut faire les observations suivantes :

Pour que le réglage de la température dans la chambre de combustion soit possible, il est indispensable que la vitesse de cet appareil soit variable dans de très larges limites. Il est actionné par un petit moteur dont le chauffeur augmente ou diminue la vitesse, suivant les circonstances. Quand la vitesse désirée est atteinte, la venue du charbon pulvérisé est uniforme et la flamme dans le foyer est continue et régulière. Ce réglage constitue donc une des conditions les plus importantes du bon fonctionnement du four ou de la chaudière.

Pour le cas d'un arrêt du foyer, la partie inférieure de la trémie est munie d'un registre que

1. Il résulte des expériences faites par l'ingénieur américain Mann que le poids de 1 m³ de charbon pulvérisé est de :

500 kg. pour du charbon sortant du pulvériseur,
560 kg. au bout de 24 heures de repos,
615 kg. après six jours de repos.

l'on ferme pour arrêter l'alimentation de la vis en charbon pulvérisé.

Si nous considérons un distributeur capable de débiter 1.200 kg. de charbon par heure en tournant à 60 tours par minute, un petit moteur de 1 HP sera suffisant pour le conduire.

2. *Procédé Holbeck.* — La figure 5 représente en coupe une installation de fours à sole ; pour ne pas nous répéter, nous nous bornerons à préciser la nature des appareils qui y figurent. Le charbon sortant du sécheur rotatif, représenté ici en bout, vient au pulvériseur que surmonte un *séparateur*, dans lequel les particules trop lourdes retombent immédiatement et repassent sous les boulets broyeurs. Le ventilateur aspirant fait, au contraire, monter la poussière fine dans le *collecteur*, où l'air retourne par la conduite (5) au pulvériseur, tandis que le charbon tombe dans la trémie.

Après passage dans le distributeur général, il est refoulé par le ventilateur placé au rez-de-chaussée, dans la conduite qui dessert toute l'installation (celle-ci est accompagnée d'une conduite d'air auxiliaire, et toutes les deux se ramifient vers chaque brûleur).

Le charbon en excès revient à la trémie par la « conduite de retour », tandis que l'air qui lui servait de véhicule est repris par le « collecteur de retour » et, par la conduite (11), redescend à l'aspiration du ventilateur inférieur. Tout cet air est pris assez haut dans l'atmosphère, au sommet de la « cheminée d'aspiration » visible derrière la trémie et les collecteurs.

On a objecté contre le chauffage au charbon pulvérisé le danger que présenterait le mélange d'air et de charbon, des explosions ayant été provoquées en diverses circonstances par la poussière de charbon. A cela, les constructeurs répondent que le mélange en mouvement, contenant 1 kg. environ de charbon pour 3 m³ d'air, n'est pas explosif, et que sa vitesse, qui atteint 25 m. par seconde, exclut la possibilité de retour de flammes. D'autre part, la circulation du charbon se fait dans des appareils et conduites complètement étanches et l'atelier de pulvérisation peut et doit être tenu en parfait état de propreté.

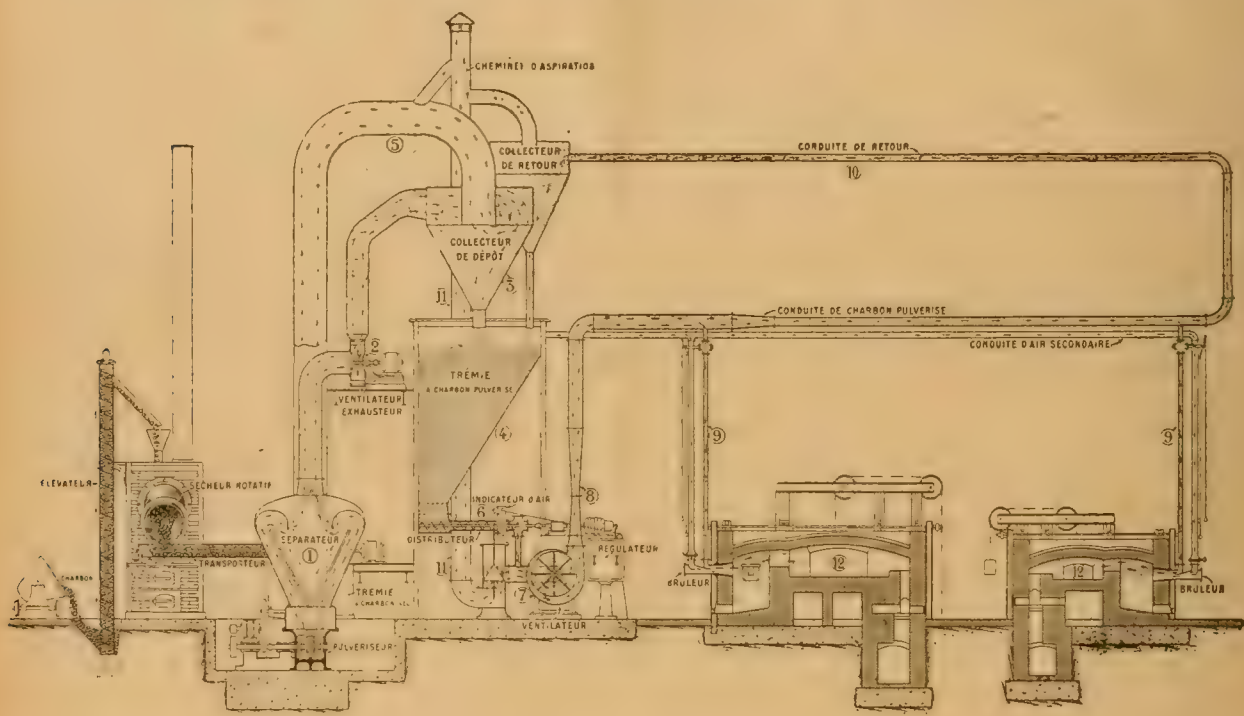


Fig. 5. — *Schéma général d'une installation du type Holbeck.*

§ 4. — L'aéro-pulvériseur

C'est un diminutif des puissantes installations précédentes, destiné à faciliter l'emploi du procédé dans nos modestes usines du vieux continent. La figure 6 en donne une coupe longitudinale.

C'est à la fois un pulvériseur et un ventilateur. Il se compose d'un rotor à axe horizontal portant plusieurs jeux de palettes chargées du broyage et se terminant par un ventilateur dont la fonction est d'aspirer la poussière de charbon et de la refouler dans le foyer à chauffer.

Ce rotor est placé dans une enveloppe en acier, partagée en autant de compartiments qu'il y a de jeux de palettes, plus le compartiment du ventilateur.

Le charbon, à la grosseur de 30 millimètres au plus, est introduit dans l'appareil d'une façon continue par un distributeur spécial. Il tombe sous le premier jeu de palettes. Le courant d'air créé par le ventilateur l'entraîne du premier dans le second compartiment, puis dans les autres, et il arrive enfin, sous forme de poussière impalpable, au ventilateur où il est mélangé avec la quantité d'air nécessaire à la combustion pour être insufflé dans le foyer.

simple conduite en tôle mince de diamètre approprié. Les trémies, vis d'alimentation et moteurs à vitesse variable, sont ainsi supprimés.

Il est actionné par un moteur électrique ou par une turbine, soit par courroie, soit par accouplement direct, suivant les circonstances.

La puissance nécessaire en kilowatts est approximativement comprise entre 0,025 et 0,03 fois le poids de charbon pulvérisé par heure, exprimé en kilogrammes.

§ 5. — Avantages de la pulvérisation

En résumé, comme l'indiquait récemment le *Journal des Usines à gaz*, les avantages de la pulvérisation des combustibles peuvent se résumer comme suit :

1° Réglage et réalisation de la combustion complète, dans les conditions optima, sans aucune perte de combustible, d'où : rendement maximum et obtention des températures les plus élevées compatibles avec la nature du combustible brûlé ;

2° Fumivorité complète ;

3° Suppression de la main-d'œuvre des foyers et des décrassages ; propreté des ateliers.

4° Suppression de la combustion d'entretien pendant les arrêts, et suppression des déperditions causées par les chargements intermittents ;

5° Réalisation mécanique de la manutention des combustibles ;

6° Adaptation possible du système de pulvérisation à tous les foyers industriels, depuis le four à réchauffer les rivets jusqu'au four Martin, et en particulier à toutes les installations de générateurs ;

7° Frais d'entretien et de nettoyage des conduites de charbon pulvérisé pratiquement nuls. On a constaté, en effet, qu'elles restent dans un état de propreté parfaite.

Ces avantages ne se réalisent naturellement pas sans dépenses premières supérieures à celles de l'ancien système des fours à grilles.

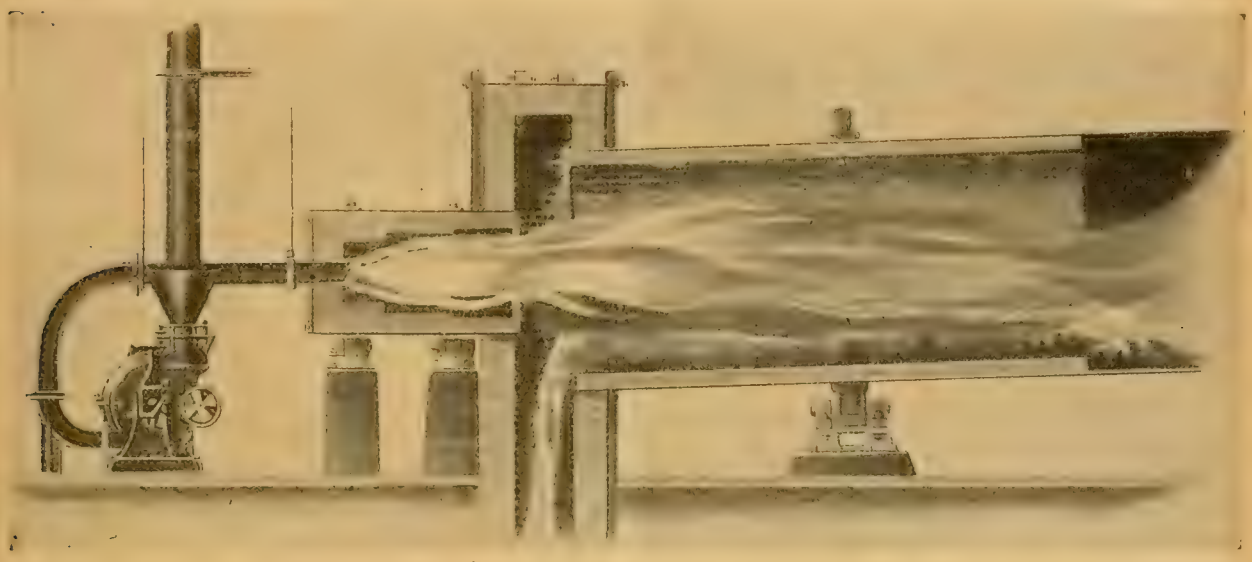


Fig. 6. — *Coupe d'un four chauffé par un aéro-pulvériseur.*

La finesse de broyage dépend de la vitesse de l'air d'entraînement, et en réglant celle-ci par un registre placé à l'orifice d'aspiration dans le distributeur, on peut obtenir, pour celle-là, le degré voulu.

Une prise d'air supplémentaire à ouverture réglable et située près du ventilateur permet d'introduire dans le mélange la quantité d'air complémentaire nécessaire pour une bonne combustion.

Comme on le voit, il n'est pas question de sécher le charbon avant pulvérisation : il est possible, en effet, de pulvériser sans difficulté des combustibles contenant de 4 à 5 % d'humidité, la finesse de la poussière obtenue étant celle reconnue comme la plus convenable, c'est-à-dire que 95 % de la matière broyée passent au tamis de 100 mailles au pouce linéaire, et 85 % au tamis de 200 mailles.

L'aéro-pulvériseur est relié au foyer par une

On compte que, dans une installation d'une certaine importance, les frais de premier établissement d'un atelier de pulvérisation avec sa distribution sont au maximum équivalents, et généralement inférieurs, à ceux d'une installation de gazogènes avec leurs conduites. On estime, d'autre part, que les frais totaux de la transformation du charbon, soit en gaz, soit en charbon pulvérisé, sont sensiblement égaux.

Au point de vue de la dépense mécanique, nous ajouterons, pour fixer les idées, que l'on compte une dépense de 44 kilowatts par tonne brûlée pour une installation utilisant 10 tonnes de charbon pulvérisé par 24 heures ; 33 kilowatts par tonne brûlée pour 25 tonnes utilisées par jour ; 21 kilowatts pour 50 tonnes ; 17 kilowatts pour 90 tonnes, y compris le broyage préalable. Comme on le voit, la dépense mécanique décroît rapidement avec le tonnage brûlé par 24 heures suivant une courbe qui se maintient sensiblement en palier à partir de 100 tonnes de charbon brûlé par 24 heures. Pour 100 tonnes et au delà, la dépense varie donc très peu et est comprise entre 17 et 15 kilowatts.

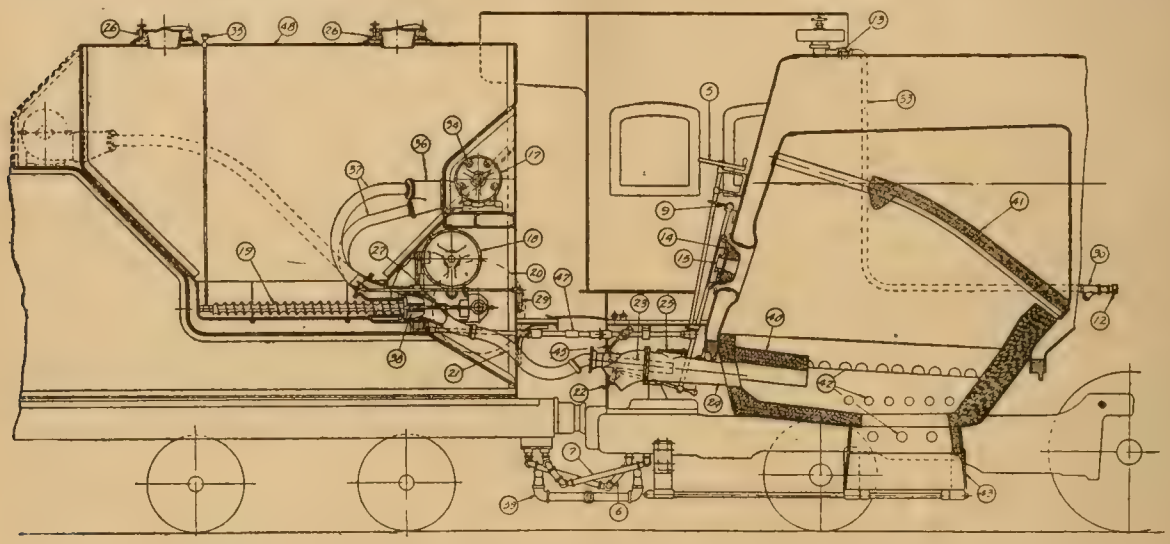


Fig. 7. — *Coupe d'une installation de chauffage au charbon pulvérisé sur une locomotive et son tender.*
19, distributeur à hélice ; 38, mélangeur ; 24, brûleur ; 17, turbo-ventilateur.

III. — Applications du procédé sur les chemins de fer

Le chauffage au charbon pulvérisé s'est révélé aussi précieux pour les locomotives que pour les chaudières fixes, et si, en France, on est actuellement tout à l'adaptation des foyers pour le chauffage au mazout, rien ne dit que certaines compagnies desservant des mines à houille maigre, comme celles du Centre, n'auraient pas intérêt à utiliser ce système sur leurs locomotives circulant dans les régions voisines de ces mines.

Quoi qu'il en soit, nous pouvons citer des applications déjà réalisées en Suède, en Angleterre, et surtout aux Etats-Unis.

Dès 1915, les Chemins de fer de l'Etat suédois ont équipé une machine à marchandises de 50 tonnes, pour y brûler du poussier de tourbe, accumulé à la partie supérieure du tender dans des soutes bien closes, au-dessus de la caisse à eau.

Le mécanisme est analogue à celui des machines américaines, que nous décrivons ci-après.

Un compartimentage en maçonnerie et en dalles réfractaires subdivise comme suit le foyer : 1° une chambre d'allumage ; 2° deux conduits latéraux ; 3° une chambre supérieure où les gaz de la combustion sont brassés avant de passer dans les tubes. Des regards de nettoyage permettent de recueillir les cendres déposées sur les soles des compartiments et de les évacuer par le fond du foyer.

La provision de poussier contenue dans le tender, 4.000 kg., peut assurer un parcours de 100 km. à un train de marchandises de 650 tonnes et de 130 km. à un train de voyageurs de 300 tonnes.

Depuis lors, le Great Central Railway anglais a équipé aussi quelques locomotives à marchandises, dont on trouvera le description dans l'*Engineer* du 25 avril 1919 ; elles utilisent directement le poussier recueilli dans les installations de criblage des mines. Nous n'y insisterons pas, préférant donner des détails sur une machine américaine prise comme type caractéristique.

La figure 7 donne la coupe détaillée (partielle) du tender et du foyer d'une locomotive, type Mikado, où il est facile de reconnaître, adaptés à leur emplacement spécial, les organes distributeurs et transporteurs dont nous avons déjà étudié les données et la marche générale. On y voit le distributeur à hélice (19) et le mélangeur à air (palettes) (38), puis la conduite souple (21) et le brûleur (24). Une valve (22) commandée par la tringle (9) sert au réglage de l'air additionnel admis dans le brûleur. Le courant d'air principal est fourni par le turbo-ventilateur (17), refoulant dans les conduites (37) dont chacune commande un distributeur et un brûleur, car ces appareils vont par paire, disposés à droite et à gauche de l'axe longitudinal de la locomotive.

La chambre de combustion est délimitée par les parois latérales du foyer, d'une part, et par la voûtelette (40), la paroi réfractaire épaisse située au-dessus de la porte du cendrier (43), et enfin la voûte de retour de flammes (41). Des trous (42) donnent une arrivée d'air auxiliaire supplémentaire. La marche du feu est surveillée par le trou (15) ménagé dans la porte du foyer (14); la température atteint 1.400 à 1.600° dans cette chambre de combustion.

Le mâchefer fondu, qui se dépose contre la paroi inférieure de la voûte, coule le long de cette paroi et sur les côtés de la zone de combustion avant, pour tomber dans un cendrier où il s'accumule et se solidifie en une masse qu'il est facile d'enlever.

Chaque brûleur peut consommer de 250 à 1.500 kg. de combustible par heure et l'on peut en installer de 1 à 5 sur une locomotive.

En partant d'eau froide, il suffit, en général, de 46 à 60 minutes pour obtenir la pression de 14 atmosphères. L'uniformité de la combustion peut être maintenue très exactement, de manière que la pression de la vapeur demeure à peu près constante.

La vapeur d'échappement du turbo-ventilateur et celle de la turbine actionnant le distributeur sont conduites à un souffleur auxiliaire, dans la boîte à fumée, activant le tirage dans la cheminée.

Les principales difficultés rencontrées pour brûler le charbon pulvérisé sur les locomotives ont été les suivantes (*Génie Civil* du 3 mai 1919) :

1° Il est difficile de maintenir une combustion suffisamment intense pour développer une capacité de surcharge élevée de la chaudière, ou bien, pour des courses intermittentes, de maintenir un feu faible et de réallumer le combustible après que l'alimentation a été interrompue.

2° Il se dépose contre les parois tubulaires des scories, provenant du soufre et de l'oxyde de fer en fusion contenus dans les cendres.

Ces difficultés ont été résolues avec succès, mais l'emploi de chaque combustible exige la solution d'un problème spécial, et jusqu'à présent on n'est pas encore arrivé à déterminer la relation des éléments variables de la combustion d'après la seule analyse du combustible. Cependant, une fois le foyer réglé, on peut admettre une assez grande variation dans la composition du combustible livré par la mine sans qu'il soit nécessaire de procéder à un nouveau réglage.

Outre la possibilité d'employer des combustibles de faible valeur, l'emploi du charbon pulvérisé permet d'augmenter le rendement de la boîte à feu de 20 à 25 %, grâce à la faculté d'interrompre la combustion quand la machine est à l'arrêt ou en marche à vide.

Des expériences comparatives, faites avec des locomotives de même type employées dans le même service, ont prouvé que, pour accomplir le même travail, la locomotive chauffée à la main a consommé 1.000 kg. de combustible pendant que celle brûlant du charbon pulvérisé n'en a brûlé que 565 kg.

Il résulte des essais que la quantité de vapeur vive nécessaire pour actionner la machinerie d'alimentation est de 1,5 % environ de la vapeur produite à pleine marche. Cette quantité est sensiblement inférieure à celle nécessaire pour actionner un chargeur mécanique ou utilisée dans le jet de vapeur des brûleurs à pétrole, laquelle est d'environ 6 % de la production.

Des réseaux américains très divers, par exemple le Delaware and Hudson Railway, l'Atchison-Topeka-Santa Fe Railroad, le Chemin de fer central du Brésil, etc., emploient couramment des variétés du dispositif représenté figure 7, et on peut considérer la question comme pratiquement résolue.

IV. — Conclusions.

On voit tout l'intérêt que présente, dans les circonstances actuelles, un procédé aussi simple et aussi aisément adaptable à des cas divers. Il appartient aux industriels avisés de faire un choix judicieux entre les foyers à combustible liquide et ceux à combustible solide, mais on peut avancer que le fait de brûler de la houille crue sur une simple grille à barreaux, comme il y a un siècle, doit être tenu désormais pour un indice de routine et de négligence fâcheuses.

M. Fourniols.

BIBLIOGRAPHIE
ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Hirschauer (L.), *Capitaine du Génie, Docteur en Droit, pilote aviateur.* — **L'Aviation de transport.** — *Un vol. in-8° de 233 pages avec 24 tableaux, 9 graphiques, 28 photos et 3 cartes hors texte (Prix : 33 fr.). Dunod, éditeur, Paris,* 1919.

Cet ouvrage, dans lequel l'avion est étudié en vue de son emploi commercial, ne pouvait être écrit par une personne plus compétente que le capitaine Hirschauer, fils du général. Aérostier d'avant guerre, qui prit part avec le capitaine Frugier à plusieurs raids sur le dirigeable *Conté* pendant la guerre et qui fut successivement observateur en avion et en ballon captif, puis pilote aviateur en France, chef du Service météorologique de l'Armée Serbe, et affecté en 1916 à la Section Technique de l'Aéronautique où il est encore actuellement, il était donc à même de nous présenter une étude aussi étudiée sur l'aviation de transport.

Il retrace dans son livre tous les stades par lesquels sont passés les avions depuis 1907. Il n'y faut pas voir l'œuvre pure d'un mathématicien qui se borne à des considérations scientifiques ; tout est basé sur ce qu'a fourni l'expérience de 1907 à 1919, et les caractéristiques des types successifs d'appareils sont les points de départ permettant la recherche du meilleur rendement commercial. Des tableaux clairs, précis, mettent bien en valeur les rapports des diverses données étudiées.

L'étude du rendement possible est faite sous deux points de vue différents, qui font les deux parties du volume. Nous voyons l'un après l'autre le problème technique et le problème économique.

Il serait trop long de s'étendre ici sur les nombreux tableaux qui exposent différents facteurs : qualité de l'appareil en fonction de la puissance du moteur, du poids, surface portante, vitesse en fonction du poids de combustible, etc., le tout basé sur l'expérience des modèles existant ou ayant existé. Une série de graphiques permet de se rendre compte de la distance franchissable en kilomètres sans escale, et des tableaux sélectionnent, d'après toutes les données précédemment examinées, les avions en quatre types correspondant au transport de poids utile à des distances plus ou moins grandes.

Après l'étude de quelques types intéressants d'avions (avions record, de promenade, de puissance minimum) et un chapitre consacré aux programmes de concours d'avions et de moteurs pour l'aviation du temps de paix, un tiers du livre retrace avec de nombreuses photographies la monographie des appareils, ce qui permet de voir les progrès réalisés.

Dans la seconde partie, le problème économique est envisagé avec la même précision que le problème technique, les données de la première partie servant à établir les prix de revient. Ces prix sont indiqués pour les quatre types d'avions de la classification précédente. L'amortissement du matériel et le salaire du personnel viennent s'y ajouter comme de juste. Un intéressant tableau nous montre la comparaison des prix de transport par avion, chemin de fer et automobile. Un autre envisage la perspective commerciale de l'avion de transport. Le dernier chapitre traite du rôle de l'Etat dans le développement de la navigation aérienne : tracé d'itinéraires, service météorologique, enseignement technique, aide financière, etc.

Le Capitaine Hirschauer termine en observant que l'Etat ne pourrait assurer l'énorme mise de fonds nécessaire à l'organisation d'un réseau aérien et de ports en France et aux colonies, mais que l'intérêt du pays voudrait qu'il autorise des sociétés à se monter sous sa garantie.

Trois cartes hors texte indiquent les grandes routes de l'air en Europe, en Afrique française et vers l'Orient.

En résumé, si ce livre est écrit avec une arrière-pensée de propagande en faveur de notre aviation commerciale, il serait à souhaiter qu'il puisse se trouver entre les mains de beaucoup de Français, afin de pouvoir les éclairer sur l'utilité de lui faire prendre un nouvel essor.

GEORGES REGELSPERGER.

2° Sciences physiques

Henri (Victor), *Directeur adjoint de Laboratoire à l'Ecole des Hautes Etudes.* — **Etudes de Photochimie.** — *1 vol. in-8° de VIII-218 p. avec 71 fig. (Prix : 21 fr. 60). Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, Paris,* 1919.

Comme l'indique l'auteur, ce volume est le premier fascicule des études de Photochimie qu'il a poursuivies pendant dix années. Il s'est proposé d'étudier les propriétés physiques, les actions chimiques diverses, les actions biologiques et enfin les différentes applications techniques des rayons les plus divers, depuis l'infrarouge jusqu'à l'ultraviolet extrême et même les rayons X.

Ce premier fascicule est consacré à l'absorption des rayons infrarouges et ultraviolets, au calcul des spectres d'absorption ultraviolets et à la théorie de la structure des molécules. L'auteur indique, dans la préface, que les autres fascicules contiendront les résultats de ses recherches sur la tautomérie, sur l'énergie nécessaire pour produire des actions chimiques, sur l'étude de différentes réactions photochimiques simples et compliquées, enfin sur la photocatalyse.

Après avoir exposé dans le premier chapitre le plan qu'il s'est tracé avec ses collaborateurs, l'auteur décrit dans le chapitre II la technique des mesures quantitatives de l'absorption des rayons infrarouges et ultraviolets, dans le chapitre III l'absorption des rayons infrarouges et ultraviolets par des groupes atomiques simples, dans le chapitre IV les relations entre l'absorption des rayons infrarouges et ultraviolets et quelques considérations sur la structure des molécules, dans le chapitre V l'absorption par des molécules contenant plusieurs chromophores, et dans le chapitre VI le calcul des spectres d'absorption d'après la formule de constitution chimique des corps. Des courbes, tracées avec grand soin, remplacent le plus souvent les tableaux numériques.

L'auteur termine cet ouvrage en indiquant que ses recherches montrent que la théorie des quanta ne peut pas servir de guide pour l'étude des actions chimiques des radiations. Il y a lieu suivant lui d'introduire d'autres considérations théoriques sur la constitution des molécules et sur l'énergie intramoléculaire.

Paul NICOLARDOT,
Docteur ès sciences, Examinateur d'admission et Répétiteur à l'Ecole Polytechnique.

Fahrenwald (A. W.) — **The cyanide Process. Its control and operation.** — *1 vol. in-16 de 256 pages avec 37 figures (Prix cart. : 2 dollars). John Wiley and Sons, New-York ; Chapman and Hall, Londres,* 1918.

Ce petit ouvrage résume d'une façon très claire et assez complète l'état actuel de nos connaissances sur les procédés de cyanuration. La partie contrôle de fabrication et essais est décrite avec beaucoup de détails ; les méthodes indiquées sont des méthodes éprouvées pratiquement. La description des opérations métallurgiques ainsi que des appareils nécessaires à leur mise en œuvre a reçu un certain développement. Les divers facteurs influant sur le résultat des opérations sont

exposés d'une façon très méthodique. La question de la précipitation des solutions cyanurées par le zinc, par l'aluminium, par les procédés électrolytiques est étudiée avec assez de détails. Il en est de même de l'opération si importante du traitement des précipités.

La bibliographie est très complète; l'ouvrage se termine par des tableaux de données numériques utiles pour les opérations de cyanuration, en particulier la force nécessaire pour actionner les diverses machines, et par le résumé des méthodes d'analyse des produits employés pour la cyanuration.

Comme l'extraction de l'or en France se fait en majeure partie par la cyanuration, l'ouvrage de M. Fahrenwald, qui groupe un grand nombre de renseignements épars dans la littérature technique, est à recommander à tous ceux qu'intéresse la cyanuration.

M. Desmarets.

Demoussy (E.), *Docteur ès sciences, Maître de conférences à l'Institut Agronomique.* — **Engrais, amendements, produits anticryptogamiques et insecticides.** — 1 *vol. in*-8° *de* 300 *p.* (*Prix cart.*: 15 *fr.*) *Ch. Béranger, éditeur, Paris et Liége,* 1919.

Ce volume fait partie de la série des *Manuels pratiques d'analyses chimiques.* Il présente surtout l'exposé des méthodes officielles fixées pour les expertises visant la répression des fraudes. La méthode d'exposition est concise et d'une grande netteté. C'est une qualité très appréciable pour un livre de ce genre.

On y voit un appendice de 80 pages relatif aux documents législatifs intéressant les questions traitées. Parmi les produits anticryptogamiques qui ont été envisagés, nous notons les soufres, produits cupriques et arsenicaux, sulfate de fer, sulfocarbonates, bisulfites, nicotine.

Edmond Gain,
Directeur de l'Institut agricole
de l'Université de Nancy.

3° Sciences naturelles

Colin (H.), *Professeur à l'Institut catholique de Paris.* — **L'Inuline chez les végétaux. Genèse et transformation.** — 1 *br. in*-8° *de* 50 *p.* (*Extr. de la* Rev. gén. de Bot., t. XVX). *Librairie générale de l'Enseignement,* 4, *rue Dante, Paris,* 1919.

Les recherches de l'auteur ont porté sur le Topinambour, le Dahlia, la Chicorée et l'Aunée. L'inuline n'est pas au nombre des substances qui résultent immédiatement de l'assimilation chlorophyllienne. C'est un produit de réserve résultant de la condensation des hexoses : glucose et lévulose, par exemple, peuvent intervenir dans sa formation. Le mélange des sucres formateurs est dextrogyre, et l'on voit comment l'inuline en provient. Il semble que les éléments des tissus de réserve sont doués de propriétés synthétiques spéciales. Tout porte à croire que les phénomènes de destruction de l'inuline sont dus à des diatases. Dans les racines ou les tubercules à inuline, il existe une diastase analogue à la sucrase de levure, et possédant la faculté d'hydrolyser les lévulosanes de faible poids moléculaire, mais cet enzyme n'est pour rien dans la transformation et la dégradation de l'inuline; son rôle se borne à faire passer à l'état de sucres réducteurs les produits de transformation de l'inuline. Il est tout à fait singulier que le glucose soit le principal principe formateur de l'inuline, alors que l'hydrolyse de ce produit donne du lévulose.

Au cours de ses intéressantes recherches l'auteur a pu donner des renseignements précis sur la localisation spéciale de l'inuline.

Tandis que la tige du Topinambour est abondamment pourvue d'hydrate de carbone, principalement d'inuline, la tige du Dahlia n'est pas du tout inulacée, pas plus que les feuilles des deux plantes. On note aussi l'inégale répartition de l'inuline dans les diverses parties de la racine d'Aunée. Tandis que l'inuline persiste dans le tubercule du Dahlia jusqu'à la germination, ce produit est activement transformé dans la racine de Chicorée et dans le tubercule de Topinambour au cours de la période de repos. Un cas très curieux est celui du grand Soleil greffé sur Topinambour. Le sujet étant privé de feuilles, on voit de part et d'autre de la greffe une discontinuité du signe optique du suc. Le Soleil fabrique des sucres qui passent au Topinambour, et ce dernier en fait de l'inuline dans la tige, au-dessous du bourrelet de greffe, et jusque dans les tubercules.

Edmond Gain,
Directeur de l'Institut agricole de l'Université de Nancy.

Gallier (A.), *Vétérinaire, Inspecteur sanitaire de la ville de Caen.* — **Les Equidés domestiques** (Le Cheval, l'Ane, le Mulet). — 1 *vol. in*-18 *de* 380 *p. avec* 68 *fig. de l'*Encyclopédie scientifique (*Prix cart.*: 7 *fr.* 50). *G. Doin, éditeur, Paris,* 1919.

Le regretté M. Gallier, récemment décédé, était un spécialiste des questions hippiques. Bien connu par ses ouvrages sur le Cheval anglo-normand, le Cheval de demi-sang, le Cheval de trait, le Guide de l'acheteur de chevaux et par de nombreux articles dans les publications agricoles, il était parfaitement désigné pour donner à l'*Encyclopédie scientifique* un volume sur les Equidés. Dans celui qui vient de paraître, on trouve rassemblées toutes les données essentielles relatives à ces trois sortes de moteurs animés, le Cheval tenant, comme cela se doit, la plus grande place.

De brèves considérations anatomiques amorcent la connaissance de l'extérieur du cheval, qui précède celle du choix des reproducteurs, des fonctions de reproduction et de l'élevage. L'utilisation des moteurs, le dressage, l'entraînement, l'examen de l'animal en vente donnent lieu à d'utiles développements. Les institutions hippiques régies par l'Administration des Haras sont ensuite présentées avec assez de détails pour que l'on se rende parfaitement compte de leur but et de leur organisation. Gallier fut, durant toute sa carrière, un fervent partisan de la méthode suivie par les Haras; il la soutient dans son livre en examinant l'intervention directe et indirecte de l'Etat dans la production chevaline.

La partie la plus importante du volume est celle consacrée à la description des races chevalines. L'auteur s'est efforcé de donner un exposé aussi complet que possible de cette difficile matière, en passant en revue toutes les contrées du monde qui produisent ou qui possèdent des chevaux. Les races françaises sont rangées d'après le mode de groupement adopté par les Haras dans les Concours généraux : chevaux de pur sang, de demi-sang, postiers, chevaux de trait. Vient ensuite l'Angleterre avec ses productions si variées de gros chevaux, de demi-sang et de poneys ; puis les diverses contrées d'Europe connues par leur élevage, leur commerce ou quelque particularité utile de leur industrie chevaline. L'Afrique, l'Australie, l'Asie, l'Amérique sont étudiées également. Ce dernier chapitre est court, mais on ne saurait faire grief à l'auteur, que la mort a enlevé trop tôt, de n'avoir pu faire état de la documentation si abondante et si variée qu'a fournie la masse des chevaux importés d'Amérique aux armées.

L'ouvrage se termine par l'étude des races asines et de l'industrie mulassière. La brièveté de ces pages n'en exclut pas l'intérêt ni la documentation. C'est d'ailleurs ce qui fait la caractéristique de cet utile ouvrage, où se trouve rassemblé, sous une forme condensée, tout ce qui se rapporte aux Equidés. La difficulté qu'a vaincue M. Gallier n'était pas d'écrire un livre sur les Equidés, mais de réunir en un seul volume, sans que l'intérêt en soit sensiblement diminué, tout ce qu'il est utile de connaître sur cette importante famille d'animaux domestiques.

P. Dechambre,
Professeur à l'Ecole nationale
vétérinaire d'Alfort.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 2 Février 1920

M. **R. Chodat** est élu Correspondant pour la Section de Botanique. — M. **Ch. Nicolle** est élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie. — M. le Président annonce le décès de M. **J. Boulvin**, Correspondant pour la Section de Mécanique.

1° Sciences mathématiques. — M. **P. Idrac** : *Etude du vol à la voile dans la Haute-Guinée.* L'auteur a opéré des sondages aérodynamiques en différents points d'évolution des oiseaux voiliers. Il a constaté les faits suivants : 1° Le vent a, dans ces régions, presque toujours une composante verticale ; 2° Les zones où les oiseaux évoluent sans battre des ailes et sans perdre de hauteur ont toujours coïncidé avec les plages de composantes ascendantes. Dans le vol à la voile, l'oiseau utilise donc bien l'énergie interne du vent.

2° Sciences physiques. — M. **F. La Porte** : *Sondages de l'atmosphère à Gâvre au moyen de ballons libres en caoutchouc.* De ses expériences, l'auteur déduit que : 1° Le principe de la constance de la vitesse ascensionnelle de ces ballons n'est exact qu'à partir d'une certaine hauteur, hauteur qui varie avec les conditions météorologiques. 2° La force ascensionnelle de 150 gr. généralement admise pour obtenir la vitesse de 200 m. à la minute (dans la partie de la trajectoire à vitesse constante) est trop faible et doit être portée à 200 gr. 3° La vitesse ascensionnelle varie peu quand on fait varier la force ascensionnelle de 200 à 350 ou 400 gr. 4° Les écarts entre les valeurs moyennes et les valeurs observées atteignent et dépassent souvent 1/10, même entre deux lancements consécutifs. Il est donc nécessaire, pour des expériences de précision comme celles qui servent pour l'établissement des tables de tir, de ne pas se fier à des formules *a priori* et de ne pas se contenter d'observations à un seul poste. — M. **Léon Brillouin** : *Le spectre continu des rayons X.* La théorie des quanta montre que le spectre continu des tubes à rayons X doit être limité, vers les courtes longueurs d'onde, à la longueur d'onde limite λ_l donnée par la formule $Ve = hc/\lambda_l$, où V est le potentiel de fonctionnement du tube, e la charge de l'électron, h la constante de Planck et c la vitesse de la lumière. L'expérience vérifie bien cette prévision et permet de tracer des courbes précises, donnant l'intensité $I\lambda$ à la longueur d'onde λ dans tout le spectre continu. L'auteur montre comment on peut obtenir des indications théoriques relatives à ces courbes. — M. **F. Canac** : *Détermination des axes de symétrie d'un cristal cubique.* La disposition des taches relatives aux plans de plus grande densité réticulaire (dans les roentgénogrammes des cristaux cubiques) forme un schéma caractéristique : 1° croix de l'axe quaternaire, avec deux taches fortes rapprochées de la verticale quand celle-ci est un axe quaternaire, éloignées au contraire quand celle-ci est un axe binaire ; 2° hexagone de l'axe ternaire avec deux taches fortes entourant la tache directe si un axe ternaire seul est horizontal, et deux taches fortes entourant la tache diamétrale si deux axes ternaires sont horizontaux ; 3° deux taches symétriques par rapport à la verticale pour l'axe binaire. Les deux plus fortes sont du côté de la tache diamétrale si l'axe vertical est quaternaire, et du côté de la tache directe s'il est binaire. Les taches sont alternées si l'axe vertical est ternaire. L'auteur a vérifié directement sur l'écran et par photographie ces résultats déduits théoriquement. — MM. **Ch. Moureu** et **G. Mignonac** : *Sur la déshydrogénation des alcools primaires et des alcools secondaires par oxydation catalytique. Méthode générale de préparation des aldéhydes et des cétones.* Les auteurs ont oxydé l'alcool butylique secondaire en méthyléthylcétone par l'air en présence d'argent divisé, dont le pouvoir catalytique se maintient indéfiniment. L'opération s'effectue entre 230° et 300° et de préférence en deux temps pour éviter un trop grand échauffement du catalysateur (amiante sur laquelle on a déposé de l'argent en le précipitant d'une solution de nitrate par l'aldéhyde formique). Cette méthode est générale et a été appliquée par les auteurs à neuf autres alcools, avec productions des alcools ou cétones correspondants.

3° Sciences naturelles. — M. **Romieux** : *Sur les nappes alluviales du Lot aux environs de Fumel.* L'auteur a observé dans la vallée du Lot, aux environs de Fumel, quatre nappes alluviales aux altitudes relatives de 94, 57, 25 et 15 m. au-dessus du cours d'eau qui les a créées. Cette série vient à l'appui des conclusions du Général de Lamothe, relatives aux oscillations rythmées du niveau de la mer pendant le Post-Pliocène. L'amplitude de chaque oscillation aurait été uniforme, non seulement dans la Méditerranée et la Manche, mais aussi dans le golfe de Gascogne. — M. **L. Emberger** : *Evolution du chondriome chez les Cryptogames vasculaires.* Les observations de l'auteur semblent indiquer que, dans le chondriome du méristème des racines des Fougères, il existe deux variétés distinctes de mitochondries présentant à peu près les mêmes formes, mais se distinguant seulement par les dimensions un peu différentes et par de légères inégalités dans l'intensité de leur coloration. L'une de ces variétés représenterait de jeunes plastides, l'autre des mitochondries, dont le rôle reste encore inconnu. — M. **L. Daniel** : *Réactions antagonistiques et rôle du bourrelet chez les plantes greffées.* Le bourrelet contribue pour une bonne part à modifier les états biologiques du sujet et du greffon, et à déterminer un antagonisme nettement marqué, même dans les greffes de la plante sur elle-même où, sans lui, il ne devrait pas exister. Cet antagonisme détermine la formation d'organes réparateurs, pendant que les échanges de produits provoquent accidentellement des symbiomorphoses variées. Les organes réparateurs, internes ou externes, peuvent être du type pur des associés ou réaliser des hybrides de greffe, se produisant directement au niveau du bourrelet ou à des distances variables de ce point. — M. **Bezssonoff** : *Sur l'obtention expérimentale de la sexualité chez les champignons, et sur la structure typique du plasma sexuel.* La culture des champignons en milieux riches en sucre permet l'obtention de la sexualité, même chez des espèces pour lesquelles celle-ci, malgré de nombreuses recherches poursuivies depuis longtemps, restait complètement ignorée. Le plasma des champignons ainsi cultivés se distingue par la très grande pulvérisation de tous les granules susceptibles d'être différenciés au moyen des colorants nucléaires. Il semble que c'est le développement d'un mycélium très riche en mitochondries granuleuses qui favorise l'apparition des organes sexuels. — M. **Edg. Hérouard** : *Les monstres doubles du scyphistome.* L'auteur a reconnu qu'il existe en réalité trois espèces de monstres monosomiens du scyphistome des Acraspèdes, dont la formation correspond à trois étapes du cycle annuel : 1° des monstres doubles autositaires monosomiens adelphes, correspondant à la période de bourgeonnement actif ; 2° des monstres doubles autositaires monosomiens hétéradelphes, correspondant à la période de repos préludant à la strobilisation ; 3° des monstres doubles monosomiens d'origine éphyrienne, à la période post-éphyrienne. — M. **G. A. Boulenger** : *Une Tortue extraordinaire* : Testudo Loveridgii *n. sp.* L'auteur a reçu de l'Afrique orientale plusieurs exemplaires d'une Tortue dont la carapace

est exclusivement aplatie et qui, en outre, sauf pour la région marginale, ne possède pas de boîte osseuse : la Tortue est molle. L'examen de l'intérieur de la carapace montre qu'à part la colonne vertébrale et les plaques marginales, nuchale et sous-caudale comprises, il n'y a pas la moindre trace d'ossification, ni côtes, ni plaques neurales et pleurales. Le seul avantage de cette régression paraît être de permettre à cette Tortue de se mettre rapidement à couvert entre ou sous des pierres.

Séance du 9 Février 1920

M. **M. Lugeon** est élu Correspondant de l'Académie pour la Section de Minéralogie, en remplacement de M. Walcott, élu Associé étranger. — M. **Leclerc du Sablon** est élu Correspondant pour la Section de Botanique, en remplacement de M. Farlow, décédé.

1° Sciences physiques. — M. **L. Besson** : *Sur les halos extraordinaires.* On voit parfois, autour du Soleil ou de la Lune, des halos circulaires analogues à ceux de 22° et de 46°, mais d'un rayon différent. Parmi ceux-ci, les moins rares et les mieux déterminés sont : le halo de van Buijsen (8°30'), celui de Rankin (17°30'), celui de Burney (19°) et celui de Scheiner (28°). Il en existe, en outre, deux autres : celui de Dutheil (24°) et un halo mal défini, de 32° ou 35°, celui de Feuillée. — MM. **Léon** et **Eug. Bloch** : *Sur quelques nouveaux spectres d'étincelle dans l'ultra-violet extrême.* Les auteurs ont mesuré, au moyen du dispositif décrit précédemment (voir p. 92), les spectres d'étincelle condensée de Ca, Bi, Ni et Ag dans l'ultra-violet extrême, à partir de la longueur d'onde 1854,8 u. A. — M. **G. Charpy** : *Sur les microretassures des lingots d'acier.* L'auteur désigne sous le nom de microretassures les solutions de continuité des lingots d'acier qui se produisent partout où une goutte de métal peut rester un instant à l'état liquide, tout en étant complètement entourée de particules solidifiées. Elles paraissent être l'origine de défauts locaux qui peuvent devenir très graves dans certains cas ; le travail à chaud du métal peut, dans certaines conditions, atténuer notablement ces défauts ou au contraire les développer considérablement. — MM. **J. Guyot** et **L. J. Simon** : *Action de l'eau sur le chlorosulfonate de méthyle.* L'eau exerce sur le chlorosulfonate de méthyle une action complexe. Le phénomène primaire est celui qui engendre le sulfate acide de méthyle. Celui-ci est à son tour décomposé par l'excès d'eau en acide sulfurique et alcool méthylique ; cette décomposition est limitée par la réaction inverse, mais *pour un grand excès d'eau* la proportion qui subsiste de sulfate acide de méthyle est faible et indépendante de la quantité d'eau. En même temps apparaît un autre mode de décomposition en SO^4H^2 et CH^3Cl, qui s'exagère à mesure que la concentration en acides s'élève. Lorsque la proportion d'eau diminue beaucoup, la concentration des acides devenant importante, l'éthérification de l'alcool méthylique libéré prend une importance prépondérante et il en résulte une production synthétique de plus en plus accentuée du chlorure de méthyle. — MM. **A. Mailhe** et **F. de Godon** : *Préparation catalytique des éthers-oxydes.* Par catalyse directe par voie sèche sur l'alun calciné, à basse température (180°), les auteurs ont pu préparer les éthers-oxydes des divers alcools aliphatiques et les éthers-oxydes mixtes de ces alcools. Sauf pour les oxydes d'éthyle et de propyle qui avaient été obtenus avec des rendements inférieurs à ceux des auteurs, c'est la première fois que l'on arrive, à l'aide d'une méthode catalytique par voie sèche, à la préparation de ces éthers-oxydes.

2° Sciences naturelles. — M. **J. Bourcart** : *Sur la glaciation quaternaire de l'Albanie moyenne.* L'Albanie moyenne a subi, au cours de l'époque quaternaire, deux glaciations d'âges très différents. La première, très importante, comprend surtout des glaciers de plateau, de piedmont et de vallée. Les moraines, dont les éléments sont très altérés, descendent jusqu'à 1.100 m.; le réseau hydrographique actuel les a profondément entaillées, ainsi que leur cortège de complexes fluvio-glaciaires ; les dépôts glaciaires atteignent une puissance de 50 à 60 m. Une seconde glaciation, dont les moraines, beaucoup plus fraîches, s'arrêtent à 1.700 m., paraît correspondre aux glaciations stadiales des Alpes suisses. — M. **P. Bertrand** : *Succession normale des flores houillères dans le bassin houiller du Gard.* L'auteur a dressé, d'après les dernières recherches, un tableau des principales zones végétales du bassin houiller du Gard dans leur ordre chronologique. Entre ce tableau et la classification proposée par Grand'Eury en 1890, il y a deux différences essentielles : 1° Grand'Eury considérait l'étage stérile et les couches du Feljas comme formant la base du terrain houiller du Gard, alors qu'ils sont équivalents à l'étage stérile et aux couches du Ricard ; 2° Grand'Eury considérait les couches grasses et l'étage stérile de Gagnières comme plus récents que les couches supérieures de Bessèges et de Saint-Jean de Valériscle, ce qui est inexact : l'étage stérile de Gagnières constitue en réalité la partie la plus ancienne du terrain houiller du Gard. — M. **P. A. Dangeard** : *Plastidome, vacuome et sphérome dans* Selaginella Kraussiana. L'étude du type Sélaginelle est venue confirmer les précédentes conclusions de l'auteur (voir t. XXX, p. 724) : les expressions de chondriome, mitochondries, chondriocontes et chondriomites n'ont plus aucune signification précise ; ces expressions marquaient simplement l'ignorance où nous étions de pouvoir distinguer les éléments appartenant soit au vacuome (métachromes et corpuscules métachromatiques), soit au plastidome (mitoplastes et plastes), soit au sphérome (microsomes), soit même au cytoplasme (fibrilles élémentaires) : aussi peut-on dire que, parmi les nombreux travaux de ces dernières années sur le chondriome de la cellule végétale, beaucoup fourmillent d'erreurs et n'ont plus guère qu'un intérêt historique. — M. **V. Galippe** : *Recherches sur l'évolution du protoplasma de certaines cellules végétales par le procédé de la culture.* L'auteur a observé que des cellules épidermiques de pétales d'Iris ou de Tulipes, débarrassées de tous corps étrangers et ensemencées sur gélose, présentent une contraction et une fragmentation du protoplasma, qui donne naissance à des microzymas et à des bacilles ovoïdes. — M. **A. Loubière** : *Sur la flore fongique du fromage de Brie.* La flore fongique du fromage de Brie est beaucoup plus complexe qu'on ne l'a cru jusqu'ici. Deux des espèces de cette flore présentent des particularités intéressantes. Un *Trichosporium* sp. possède deux sortes d'éléments reproducteurs : des chlamydospores aériennes et des conidies, les unes terminales portées par des phialides, les autres latérales disposées isolément sur le mycélium. L'*Hormodendron cladosporioides* présente un développement avec cloisonnement basifuge pour son rameau principal et basipète de ses ramifications terminales qui se transforment en arthrospores. — MM. **G. Bertrand** et **Brocq-Rousseu** : *Sur la dératisation par la chloropicrine.* Les auteurs ont constaté que la chloropicrine est un agent très puissant de destruction du rat et de la puce. Comme elle est, d'autre part, sans action sur les tissus et sur les couleurs, elle pourrait, en cas de besoin, avec un outillage très simple, être utilisée, notamment, dans la dératisation des navires.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 3 Février 1920

M. **P. Remlinger** : *L'encéphalite léthargique à Tanger.* L'auteur signale deux cas d'encéphalite léthargique qu'il vient d'observer à Tanger chez une jeune fille espagnole et une dame anglaise. Ils ont coïncidé assez nettement avec une épidémie de grippe bénigne, à forme plutôt nerveuse et avec un temps relativement froid. Le Dr Ardin-Deltheil a également signalé deux cas à Alger. M. **A. Netter** fait remarquer que cette maladie sévit actuellement un peu partout et qu'il serait bon que les membres du corps médical transmettent à l'Académie tous les cas qu'ils auront observés, avec des indications

précises. Ce vœu est adopté. — M. **Ch. Broquet** : *Grippe et peste pulmonaire.* L'auteur a eu l'occasion d'observer sur place la grande épidémie de peste pulmonaire de Mandchourie, en 1911, et l'épidémie de grippe à Paris en 1918, et il a pu comparer les deux affections. Elles sont nettement différentes, contrairement aux bruits qui ont couru à plusieurs reprises dans le public.

Séance du 10 Février 1920

MM. **I. G. Etienne** et **R. Druesne** : *L'hyperfonctionnement rénal dans les états fébriles; son interprétation.* Les auteurs ont reconnu que la fièvre, tant que les résistances organiques ne sont pas profondément troublées, tant que le tissu rénal n'est pas lésé, détermine un hyperfonctionnement des reins, qui peut être considérable. Ce phénomène peut être expliqué par trois causes : 1° l'élévation même de la température ; 2° l'accélération des battements cardiaques, qui augmente la rapidité du sang passant par les reins ; 3° un hyperfonctionnement essentiel du rein sous l'influence même de la fièvre, analogue à l'hyperactivité cardiaque, pulmonaire. — M. **J. Renault** : *Sur la diphtérino-réaction (réaction de Schick).* Cette réaction consiste dans l'inoculation intradermique de 0,1 à 0,2 cm³ d'une dilution de toxine diphtérique telle que la quantité injectée corresponde au 1/50 de la dose minima mortelle pour le cobaye de 250 gr. Si autour de la piqûre il se produit une rougeur qui apparaît après 18-24 h. et dure quelques jours, la réaction est dite positive ; sinon, elle est négative. L'auteur a pratiqué 281 examens de ce genre et en déduit que : 1° La diphtérino-réaction ou réaction de Schick a une grande importance pour l'épidémiologie et la prophylaxie de la diphtérie; 2° Elle montre que les sujets à réaction négative ne contractent pas la diphtérie; 3° Elle montre aussi que les sujets à réaction positive sont les seuls à contracter la diphtérie, mais qu'ils ne la contractent pas nécessairement, même s'ils sont porteurs de germes; 4° Elle permet de limiter l'injection préventive de sérum aux sujets réceptifs, mais seulement lorsque l'épidémie n'est pas rapide et laisse le temps de rechercher l'état de réceptivité; 5° Elle ne supprime pas la recherche et l'isolement des porteurs de germes, puisqu'on les trouve aussi bien parmi les réfractaires que parmi les réceptifs, et que les uns et les autres peuvent être dangereux. — M. **F. Regnault** : *Faut-il devenir ambidextre ?* L'auteur estime que l'utilité de l'ambidextrie reste exceptionnelle. Il n'est pas nécessaire de s'y exercer dès l'enfance et de contrecarrer pour un mince profit la tendance naturelle à la droiterie. Quand on accomplit des mouvements simultanés des deux mains, par tendance naturelle on exécute des mouvements symétriques. Or très peu d'actes les réclament : bêcher, ramer,... et ce sont toujours des mouvements simples. Presque tous les métiers exigent des mouvements simultanés dissymétriques; ces travaux contrecarrent l'instinct naturel et demandent un apprentissage: il faut y habituer les enfants de bonne heure.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 31 Janvier 1920

M. **Et. May** : *Rapport entre l'indice oscillométrique et la pression maxima à l'oscillomètre de Pachon.* On sait que l'oscillomètre de Pachon donne, dans la mesure de la pression systolique, une erreur systématique. A ce fait, l'auteur ajoute une notion importante : cette erreur est elle-même variable, et dépend, dans la majorité des cas, des variations de l'indice oscillométrique. Quand cet indice est élevé, à plus forte raison quand il est instable, l'oscillomètre de Pachon doit être franchement rejeté pour la mesure de la pression maxima et remplacé par un appareil utilisant la méthode de Riva-Rocci. — M. **E. Bardier** : *A propos des injections intraveineuses d'adrénaline dans le traitement des hémorragies.* Expérimentalement et cliniquement, des injections intraveineuses d'adrénaline jusqu'à la dose de 0,03 mgr. par kgr. répondent à la nécessité d'une thérapeutique d'extrême urgence en présence d'une hémorragie grave ou mortelle. Les effets cardio-vasculaires immédiats qui en résultent augmentent considérablement les chances de survie quand on pratique ensuite le plus tôt possible des injections de sérum artificiel ou la transfusion. — M. **P. L. Violle** : *De l'élimination de l'acide hippurique, à l'état normal ou pathologique.* La quantité d'acide hippurique éliminée normalement est variable avec l'alimentation. Un sujet normal soumis à un régime sans acide benzoïque ne fait plus la synthèse hippurique expérimentale qu'en 48 heures, mais totalement. Réentraîné par un régime mixte, il fait la synthèse normalement en 24 heures. Un sujet ayant les fonctions rénales profondément atteintes a des éliminations hippuriques extrêmement faibles. La synthèse expérimentale ne se fait que très imparfaitement et ne se prolonge pas au-delà de 24 h. — M. **F. d'Hérelle** : *Sur la résistance des bactéries à l'action du microbe bactériophage.* Les bacilles ordinaires ne restent pas passifs quand ils sont soumis à l'action du microbe bactériophage; ils résistent et sont susceptibles d'acquérir une résistance qui constitue une véritable immunité. La virulence du microbe bactériophage varie d'une souche à une autre; les bacilles d'une même espèce offrent de leur côté une résistance variable suivant les échantillons. La possibilité pour un bacille d'acquérir l'immunité vis-à-vis de l'infection causée par le microbe bactériophage est de nature à expliquer le mécanisme des rechutes dans la dysenterie et la fièvre typhoïde, ainsi que celui de la formation des porteurs de germes.

Séance du 7 Février 1920

M. **H. V. Vallois** : *Les transformations de la métamérie musculaire, dans l'épisome des Vertébrés.* L'auteur montre que les myoseptes de l'embryon des Poissons et des Urodèles, bien que persistant chez l'adulte, ont subi des plicatures qui ont complètement modifié leur insertion, primitivement limitée, pour chacun, à une seule vertèbre. Par suite, la partie épisomatique de chaque myotôme, au lieu de ne correspondre qu'à un seul espace intervertébral, comme chez l'embryon, s'étend sur les espaces voisins en avant et en arrière. On n'a donc pas le droit de dire que, chez les Poissons et les Urodèles, la structure métamérique primitive s'est conservée à l'état adulte, puisque, chez ceux-ci, la métamérie musculaire, bien que subsistant, ne concorde plus avec la métamérie osseuse. Chez la majorité des Autosauriens, les cloisons myoseptales subsistent dans le trachis ilio-costal; mais, chez ceux (Orvet, Scinque) où les membres entrent en régression, elles disparaissent aussi progressivement. Chez les Ophidiens, la disparition est complète, de même que chez les Oiseaux et les Mammifères, exception faite de l'Ornithorynque, où quelques intersections tendineuses, fixées profondément sur les côtes, cloisonnent encore une partie du muscle. — M. **H. V. Vallois** : *La signification des apophyses mamillaires et accessoires des vertèbres lombaires.* L'auteur estime que les apophyses mamillaires, comme les accessoires, sont de simples tubercules d'insertion dont la situation, dépendant essentiellement des variations des muscles spinaux, est extrêmement variable. On doit leur refuser la valeur d'apophyses transverses, ce qui ne préjuge d'ailleurs pas de la signification des apophyses costiformes des lombes. — M. **A. Frouin** et Mlle **S. Ledebt** : *Production d'hémolysines chez le Lapin par injections de sulfates de terres du groupe cérique.* Lorsqu'on injecte au lapin des sulfates du groupe cérique, qui *in vitro* ont une action antihémolytique vis-à-vis des sérums préparés, on observe l'apparition d'une hémolysine dans le sang. Les sels dont l'action antihémolytique est la plus marquée *in vitro* sont ceux qui provoquent *in vivo* l'hémolysine la plus active. On peut donc obtenir des modifications humorales, dont les propriétés hémolytiques ne sont probablement qu'une des manifestations les plus apparentes, par l'injection intraveineuse ou intrapéritonéale de substances purement minérales chimique-

ment définies. — MM. **A. Tournade** et **G. Giraud** : *Par quel mécanisme le chlorure de baryum supprime-t-il le pouvoir cardio-inhibiteur du vague ?* On peut formuler deux hypothèses à ce sujet : ou bien $BaCl^2$ paralyse l'appareil cardio-modérateur à la manière de l'atropine, ou bien il exerce sur le système cardiomoteur une excitation d'une intensité telle que le nerf inhibiteur, faradisé, n'en peut pas neutraliser l'effet. Une expérience réalisée par les auteurs montre que la seconde explication est la vraie. — M. **S. Metalnikoff** : *Immunité de la chenille contre divers microbes.* Les chenilles sont réfractaires aux microbes pathogènes les plus dangereux, qui provoquent toujours une infection mortelle chez les animaux supérieurs (bac. tuberculeux, diphtérique, tétanique, pesteux, etc.). Par contre, elles sont très sensibles à la plupart des microbes saprophytes et peu pathogènes (bac. coli, pyocyanique, *subtilis*, *prodigiosus*, etc.). — M. **J. Jolly** : *Sur les hématies des Tylopodes.* L'auteur a constaté que les hématies du Lama sont foliacées, lamelleuses ; elles ont la forme d'une lamelle extrêmement mince, ovalaire, exactement plane, qui, lorsque le globule flotte, a une tendance marquée à s'enrouler sur son axe longitudinal ; vue par le travers, elle a alors l'aspect d'un fuseau. Dans l'eau distillée ou l'eau salée hypotonique, ces hématies se gonflent et deviennent sphériques. — MM. **H. Tissier**, **A. de Coulon** et **Y. de Trévise** : *Action du streptocoque pathogène sur la caséine et sur la gélatine.* Des expériences des auteurs, il résulte que le streptocoque pathogène vit de préférence comme un *anaérobie* strict, qu'il peut rester ainsi en « vie ralentie » des semaines et des mois pour reprendre brusquement, par une modification légère du milieu, une activité perdue. Il en résulte encore que c'est un *protéolytique* et que ce pouvoir est lié à son activité pathogène.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 20 Novembre 1919

Sciences physiques. — M. **G. E. Bairsto** : *Sur la variation avec la fréquence de la conductivité et de la constante diélectrique des diélectriques pour les oscillations de haute fréquence.* L'auteur a déterminé la conductivité et les constantes diélectriques du papier buvard sec, du verre, du caoutchouc galvanisé, de la gutta-percha, du marbre et de l'ardoise pour des courants alternatifs de faible voltage à ondes sinusoïdales et pour un intervalle étendu de hautes fréquences. Dans tous les cas, deux sources indépendantes d'erreur se produisent. L'une est une perte d'hystérèse, en général la seule importante aux fréquences téléphoniques. L'autre est une perte visqueuse, qui a plus d'influence aux hautes fréquences. La première est indépendante du temps pris pour parcourir un cycle complet, tandis que la seconde dépend de ce temps et donne lieu aux basses fréquences à une perte qui varie comme le carré de la fréquence. La loi linéaire qui, aux fréquences téléphoniques, relie σ avec la fréquence ne se vérifie plus aux hautes fréquences, mais σ croît graduellement jusqu'à un maximum pour décroître ensuite. La croissance vers le maximum est très rapide pour quelques substances, comme la gutta-percha et le caoutchouc vulcanisé, tandis qu'avec l'ardoise et le marbre le maximum est atteint par une courbe concave vers le bas. La conductivité maximum pour le courant alternatif est beaucoup plus élevée que celle pour le courant direct. Dans le cas du verre, elle est 2.500 fois plus grande ; pour le caoutchouc vulcanisé, la valeur maximum en courant alternatif est 16.000 fois plus grande que cette valeur pour $n = 1.000$ pér. par seconde. La perte constante par hystérèse par cycle aux basses fréquences tend à devenir nulle aux fréquences très élevées. La constante diélectrique, après une chute rapide aux basses fréquences, décroît lentement lorsque la fréquence augmente. — M. **F. J. W. Whipple** : *Les conducteurs cylindriques parallèles égaux dans les problèmes électriques.* Al. Russell a récemment attiré l'attention sur l'importance pratique du problème électrostatique de la détermination de la distribution de la charge et du potentiel quand on électrise deux conducteurs cylindriques parallèles. Il a indiqué que la même analyse peut servir pour le calcul de la densité de courant et du flux magnétique quand les courants de haute fréquence passent le long de conducteurs parallèles. La solution qu'il a donnée pour le cas de deux charges (ou courants) égales et opposées dans les deux conducteurs est exacte, mais le cas général nécessite des recherches plus étendues. M. Whipple a résolu le problème par la méthode des fonctions conjuguées. Pour la plupart, les résultats sont donnés sous une forme propre au calcul numérique. Dans le cas où les deux cylindres sont de mêmes dimensions, les fonctions elliptiques jacobiennes suffisent pour la solution. — M. **G. A. Schott** : *La diffraction des rayons X et γ par les anneaux d'électrons. Une épreuve cruciale de la théorie électronique de l'atome.* L'auteur étudie l'effet d'un espacement régulier des électrons d'un anneau sur la diffraction des rayons X et γ, considérés comme des trains d'ondes harmoniques simples non amortis, de haute fréquence. L'anneau, soit au repos, soit tournant uniformément autour de son axe, diffracte les ondes incidentes dans toutes les directions, mais non également. Pour un électron simple, la loi de distribution est celle de la théorie de la pulsation simple de Sir J. J. Thomson ; mais elle s'en éloigne à mesure que le nombre d'électrons augmente, une plus grande quantité d'énergie allant en avant, dans la direction des rayons incidents, qu'en arrière. Cette asymétrie se maintient, quoique à un moindre degré, pour un assemblage irrégulier d'anneaux d'électrons semblables avec leurs axes distribués uniformément dans l'espace. L'auteur obtient une expression pour le coefficient de diffraction, ou énergie totale moyenne diffractée par anneau par unité d'intensité de la radiation incidente, sous une forme finie, dépendant du nombre d'électrons de l'anneau et du rapport de son rayon avec la longueur d'onde de la radiation incidente. Les données expérimentales actuelles ne permettent pas de vérifier la théorie de l'auteur ; ce dernier indique comment elles devraient être complétées pour pouvoir en tirer parti.

Séance du 4 Décembre 1919

Sciences physiques. — M. **A. M. Williams** : *L'adsorption des gaz aux concentrations faibles et modérées.* I. *Déduction de l'isostère et de l'isotherme d'adsorption théorique.* Dans un mémoire antérieur, l'auteur avait montré que, pour de faibles adsorptions, l'isotherme d'adsorption peut être représentée par la relation très simple $\alpha = \sigma_0 c$, où α est la quantité adsorbée et c la concentration d'équilibre à l'extérieur du corps adsorbant. L'auteur a cherché à évaluer α_0 dans le cas des gaz, et à le relier théoriquement avec d'autres propriétés physiques. Par des considérations théoriques, il arrive à la conclusion que la forme théorique de l'*isostère d'adsorption* (ligne pour laquelle α est constant) est donnée par : $\log \alpha/c = B + A/T$, où B et A sont des fonctions de α seulement. La forme théorique de l'isotherme d'adsorption est donnée par : $\log \alpha/c = A_0 - A_1\alpha$, où A_0 et A_1 sont des fonctions de la température seulement. II. *Vérification expérimentale de la forme des isostères et isothermes théoriques.* L'auteur a comparé les valeurs tirées de la formule des isostères avec les résultats des observations de Mlle Homfray sur l'argon et le méthane, de Chappuis sur CO^2 et de Richardson sur NH^3 ; elles concordent d'une façon satisfaisante au-dessus et aux environs du point critique. Il en est de même, pour des adsorptions modérées de gaz au-dessus de leur température critique, quand on compare la formule des isothermes avec les observations de Titoff sur l'azote à 0°C., de Mlle Homfray sur le méthane à 0°C. et sur CO^2 à —82° C., de Chappuis sur CO^2 à 0°C. III. *Vérification expérimentale des constantes de l'isostère d'adsorption*

théorique. Les observations de Mlle Homfray sur l'adsorption de He, Ar, N, CO^2, CH^4, CO et C^2H^4 par le charbon de noix de coco ont permis de calculer les valeurs de A et de B de la formule de l'isostère d'adsorption pour tous ces gaz à diverses températures. A et B sont sensiblement constants pour chacun d'eux sur un intervalle d'environ 200 degrés C. Il en résulte, d'après les considérations théoriques sur lesquelles l'auteur s'est appuyé pour l'établissement de ses formules, que le rayon d'action des forces de cohésion serait aussi constant dans ce même intervalle, d'où un moyen pour obtenir la cohésion interne relative d'un gaz et d'autre part la surface de la substance adsorbante. Dans les divers cas considérés, le rayon d'action de l'attraction moléculaire varie de 3,2 à $4,1.10^{-8}$cm. — M. T. R. Merton : *Le spectre secondaire de l'hydrogène*. On a constaté que la présence d'une grande quantité d'hélium dans des tubes à vide contenant de l'hydrogène modifie le spectre secondaire de ce dernier dans le sens que les intensités relatives des lignes sont complètement altérées, quelques lignes étant extrêmement faibles dans le spectre du mélange, tandis que d'autres sont fortement élargies et que des lignes nouvelles apparaissent. L'auteur a mesuré un certain nombre de ces lignes, mais le spectre secondaire de l'hydrogène est d'une telle complexité que la séparation de ses lignes en série de lignes ayant des rapports mathématiques est une tâche encore très difficile. Ces difficultés pourront sans doute être surmontées à l'aide de méthodes physiques séparant elles-mêmes les lignes en différentes classes. — M. T. R. Merton : *Le spectre des isotopes*. Des mesures interférométriques de la ligne principale du spectre du plomb ordinaire et du plomb de la pitchblende montrent que, pour ce dernier, la ligne est moins réfrangible d'environ 0,0050A ± 0,0007A, en conformité avec les résultats d'Aronberg. Dans le cas du plomb de la thorite de Ceylan, la ligne est plus réfrangible que celle du plomb ordinaire de 0,0022A ± 0,0008A. Les positions de ces lignes sont dans l'ordre des poids atomiques. Les mesures spectroscopiques semblent donc fournir une méthode favorable pour la distinction des éléments isotopiques. La longueur d'onde de la ligne principale du spectre du thallium provenant de la pechblende est plus réfrangible que la ligne correspondante du thallium ordinaire de 0,0055A ± 0,0010A ; mais dans le cas du thallium il se peut que les mesures soient affectées par certaines causes perturbatrices qui ne se présentent pas dans la mesure des lignes du plomb. Si toutefois le résultat précédent se confirme, le thallium de la pitchblende serait un isotope du thallium ordinaire. — MM. F. Horton et A. C. Davies : *Détermination expérimentale des vitesses électroniques critiques pour la production de radiation et l'ionisation par collision avec les atomes d'argon*. Les auteurs ont étudié les vitesses critiques pour les électrons dans l'argon par des méthodes semblables à celles qu'ils ont employées pour la détermination des valeurs correspondantes dans l'hélium, mais en modifiant la forme de l'appareil pour faciliter la détection du commencement de la radiation et de l'ionisation. La moyenne de plusieurs expériences dans diverses conditions donne les valeurs de 11,5 volts et 15,1 volts pour les vitesses de radiation et d'ionisation minima. Les auteurs n'ont décelé aucune augmentation soudaine de la radiation à la seconde vitesse critique ; il ne se produit non plus aucune ionisation appréciable à la vitesse de 11,5 volts. La longueur d'onde limite du spectre de l'argon, calculée d'après la vitesse d'ionisation minimum de 15,1 volts, s'accorde avec la limite observée spectroscopiquement dans les récentes expériences de Lyman. — MM. E. F. Armstrong et T. P. Hilditch : *Etude des actions catalytiques sur les surfaces solides*. II. Les auteurs montrent que l'action catalytique des métaux, comme celle de certaines enzymes, est réversible ; en d'autres termes, des composés qui sont saturés au sens ordinaire sont capables de réagir avec le métal pour former un système qui se décompose en un équilibre plus stable consistant en hydrogène et un composé moins saturé. Il est facile de le démontrer dans le cas du cyclohexanol : quand on chauffe un mélange de cyclohexanol et de cinnamate de méthyle à 180° en présence de nickel, une grande partie se transforme en cyclohexanone et β-phénylpropionate de méthyle. Il est nécessaire que les deux composants du système soient présents à l'état liquide. La déshydrogénation a été également effectuée dans le cas de l'hexahydroxylène et du dihydropinène mélangés avec du cinnamate de méthyle en présence de nickel ; dans ces cas, une température de 230° est nécessaire. A cette température, on obtient aussi à partir du stéarate d'éthyle de petites quantités d'un oléate d'éthyle de structure inconnue.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 14 Novembre 1919

M. S. Butterworth : *Sur la self-inductance de bobines plates à simple couche*. L'auteur a établi deux formules pour le calcul de la self-inductance de bobines plates à couche simple, l'une pour le cas où les rayons intérieur et extérieur ne sont pas très différents, l'autre pour le cas où le rayon intérieur est faible. Les deux formules s'accordent et comprennent tous les cas possibles. Au moyen de ces formules, l'auteur a calculé une table qui permet d'exprimer l'inductance sous la forme $I = Qn^2r^3$, où n est le nombre de tours par cm., r le rayon extérieur et Q une fonction du rapport du rayon intérieur au rayon extérieur. M. G. W. Howe signale que Spielrein a déjà donné une formule (*Arch. f. Elektrotechnik*, t. III, p. 187 ; 1915) qui conduit à des résultats identiques. — M. N. W. Mc Lachlan : *Méthode expérimentale pour déterminer le courant primaire de rupture dans une magnéto*. L'auteur connecte un condenseur à travers l'enroulement secondaire pour réduire le voltage au-dessous de celui qui est nécessaire pour provoquer une étincelle dans la coupure de sûreté. On trouve ainsi le voltage de pointe dû seulement à l'interruption du courant pour une vitesse quelconque. On trouve également le courant direct interrompu nécessaire pour donner le même voltage de pointe, en employant un circuit calibré. La grandeur de ce courant est égale à celle du courant de rupture dans la magnéto. — M. Newman : *Nouvelle forme d'interrupteur de Wehnelt*. On n'emploie généralement pas cet interrupteur à cause de la désintégration rapide du fil de platine, et aussi de la force du courant nécessaire pour faire fonctionner la cellule. L'auteur propose une forme modifiée où ces inconvénients disparaissent. Une plaque d'aluminium de 50 cm² y remplace la plaque de plomb ; l'autre électrode est un fil de platine scellé dans un tube de verre. Ces électrodes sont immergées dans une solution saturée de phosphate d'ammonium alcalinisé par NH^3. Cet interrupteur fonctionne également bien en courant direct et en courant alternatif. Dans le premier cas, c'est le fil qui doit être l'électrode positive. La cellule fonctionne avec une différence de potentiel minimum de 18 volts, mais la fréquence de l'interrupteur augmente avec la différence de potentiel appliquée.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

31e ANNÉE N° 5 15 MARS 1920

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences, de l'Académie de Médecine

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Distinctions scientifiques

Elections à l'Académie des Sciences de Paris. — Dans sa séance du 1er mars, l'Académie a procédé à l'élection d'un membre dans sa Section de Mécanique, en remplacement de M. Marcel Deprez, décédé. La Section avait présenté la liste suivante de candidats : en première ligne, M. A. Mesnager; en seconde ligne, MM. A. Boulanger, P. Charbonnier, E. Jouguet et H. Parenty. Au premier tour de scrutin, M. Mesnager a été élu par 41 suffrages sur 58 votants, contre 9 à M. Parenty, 3 à M. Jouguet et 4 à M. Bertrand de Fontviolant.

Le nouvel académicien est ingénieur en chef des Ponts et Chaussées et professeur à l'Ecole des Ponts et Chaussées, où il dirige le Laboratoire de Mécanique appliquée. On lui doit d'intéressants travaux sur la théorie de l'élasticité et la résistance des matériaux, qui ont trouvé une application pratique dans la construction de nombreux ouvrages d'art, comme le pont de la Balme, sur le Rhône, la voûte la plus hardie qui existe actuellement.

Dans ses dernières séances, l'Académie a pourvu, d'autre part, au remplacement de plusieurs Associés étrangers et Correspondants décédés.

Comme Associés étrangers, elle a élu : à la place de Sir William Ramsay, l'éminent chimiste italien G. Ciamician, professeur à l'Université de Bologne, auteur de nombreux travaux dans toutes les branches de la Chimie organique et d'études remarquables sur les actions chimiques de la lumière, et à la place de Lord Rayleigh l'illustre physicien américain A. Michelson, professeur à l'Université de Chicago, qui a révolutionné la Métrologie par l'introduction des méthodes interférentielles.

Comme Correspondants, l'Académie a fait choix : pour la Section de Botanique, de M. R. Chodat, professeur à l'Université de Genève, dont les belles recherches sur les Algues et sur les ferments de la cellule végétale, en particulier, sont bien connues, et de M. Leclerc du Sablon, professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse; pour la Section de Médecine et de Chirurgie, de M. Ch. Nicolle, directeur de l'Institut Pasteur de Tunis, auteur de nombreux travaux sur le typhus exanthématique et les maladies des pays chauds; pour la Section de Minéralogie, de M. Maur. Lugeon, professeur à l'Université de Lausanne, qui a renouvelé la géologie d'une partie des Alpes et Préalpes de Suisse et de Savoie par l'application de la conception des nappes de charriages et de recouvrement ; pour la Section de Géométrie, de M. L. Bianchi, professeur à l'Université de Pise, auteur de nombreux travaux sur la Géométrie différentielle et la théorie des surfaces; pour la Section d'Anatomie et Zoologie, de M. C. Viguier, professeur à la Faculté des Sciences d'Alger; pour la Section d'Astronomie, de M. A. Fowler, professeur au Collège Royal des Sciences de Londres, dont les travaux d'Astrophysique, en particulier sur les spectres stellaires, sont bien connus.

§ 2. — Nécrologie

J. Boulvin. — Le 21 janvier dernier est mort à Gand, à l'âge de 65 ans, l'éminent professeur Jules Boulvin, membre correspondant de l'Académie royale de Belgique et de l'Institut de France.

Né à Roux, près de Charleroi, de parents mécaniciens, dans un milieu de mécaniciens, il ne pouvait échapper à l'influence de cette atmosphère, d'autant plus que son père ne cessa d'exercer une grande influence sur son instruction à tous les degrés.

Dès l'âge de neuf ans, il suivit les cours du dimanche à l'Ecole industrielle de Charleroi, qui s'appelait alors l'Ecole des porions et contremaîtres. Après avoir terminé ses études à l'Athénée de la même ville, il entra à l'Ecole du Génie civil de Gand en 1871. Sorti premier de sa promotion, en 1876, il n'entra cependant pas dans le corps des Ponts et Chaussées, comme son rang de sortie lui en donnait le droit. Il fut envoyé par le Gouvernement, en qualité d'élève ingénieur, à l'Ecole du Génie maritime de France, à Cherbourg.

Après avoir fait un stage aux Forges et Chantiers de la Méditerranée et aux ateliers de la Société Cockerill, il fut nommé, en 1878, sous-ingénieur de la marine, à Anvers.

La même année, donc à l'âge de 23 ans, il fut chargé

de donner à Gand les cours de machines à vapeur. Il ne put pourtant se résigner à abandonner la carrière qui avait été le but de toutes ses aspirations : il continua donc à exercer ses fonctions d'ingénieur à Anvers, tout en donnant à Gand trois leçons par semaine. En 1887, on le chargea de donner les cours de construction et d'applications des machines et il fut ainsi obligé d'abandonner le génie maritime.

L'œuvre littéraire de Boulvin est considérable. Elle comprend, outre son grand *Traité de Mécanique appliquée aux machines*, environ une cinquantaine de mémoires sur des questions diverses.

Son ouvrage relatif aux machines est l'une des œuvres les plus importantes qui aient été publiées sur ces matières et il fut accueilli avec autant de faveur à l'étranger que dans son propre pays. L'Académie des Sciences de Paris et l'Académie royale de Belgique lui accordèrent respectivement les prix Plumey et Auguste Sacré. Cette œuvre remarquable se caractérise par la concision et la précision de l'exposition, par la rigueur scientifique des méthodes et par les nombreux chapitres exposant les résultats des recherches personnelles de l'auteur.

Mais l'œuvre principale de Boulvin, à laquelle il a attaché son nom, c'est son étude de la machine à vapeur à l'aide du diagramme entropique.

La théorie expérimentale de la machine à vapeur a été établie par Hirn, qui, par ses célèbres expériences sur la machine du Logelbach, avait démontré le rôle néfaste joué par les parois métalliques du cylindre moteur. En appliquant le principe de l'équivalence aux différentes phases du diagramme d'indicateur, il parvint à établir les équations qui régissent le phénomène et à calculer la perte occasionnée par l'effet des parois.

Boulvin a préféré employer la méthode entropique, qui donne immédiatement les échanges sous forme graphique, et pour ainsi dire sans calculs. Le point de départ de l'analyse étant la courbe d'indicateur, c'est-à-dire une donnée graphique, les erreurs qu'on peut faire dans un dessin sont du même ordre que celles de la courbe d'indicateur elle-même ; il n'y a donc pas d'objection de principe à faire à la méthode, car on fait des erreurs du même ordre quand on opère par le calcul sur des éléments qu'on est obligé de relever au compas sur la courbe d'indicateur.

Boulvin a étendu sa méthode aux machines à multiple expansion et au cas de la vapeur surchauffée. A cette occasion, il publia un mémoire important dans lequel il exposa le mode de résolution, par le diagramme entropique, de tous les problèmes auxquels donne lieu la vapeur surchauffée.

Ce travail fournit un exemple de la facilité avec laquelle le procédé graphique établi par l'auteur permet de mettre en œuvre les deux principes que la Thermodynamique ajoute aux propriétés des corps, principes dont l'emploi, par voie analytique, est extrêmement laborieux et impossible pour certains corps.

L'œuvre thermodynamique de Boulvin a été hautement appréciée à l'étranger. M. Lelong, en France, a appliqué le diagramme entropique à l'étude d'un assez grand nombre de machines marines à multiple expansion, tandis que le Professeur Schroeter, de Munich, l'a employé pour étudier plusieurs essais à surchauffe.

L'étude de l'effet des parois par la méthode de Boulvin est enseignée actuellement dans un grand nombre d'écoles techniques.

Professeur de très grand talent, rien de ce qui touchait à l'enseignement ne pouvait le laisser indifférent. Il publia dans la *Revue de Mécanique* une étude intitulée : *Considérations sur l'enseignement de la Mécanique*, dans laquelle il esquisse ce que, à son avis, devrait être une école d'ingénieurs mécaniciens. Personne n'était mieux documenté que lui pour discuter cette question importante et les études auraient beaucoup à gagner à être organisées en conformité avec les idées qu'il défendait.

Homme de devoir et de conscience, il apporta à ses fonctions de professeur, à ses élèves et aux Ecoles spéciales de Gand ce dévouement intelligent et constamment actif qui ne s'est ralenti ni refroidi un seul instant pendant toute sa carrière.

Peu d'existences ont été aussi utilement remplies pour l'enseignement et le progrès de la science des machines.

La science a perdu en lui un serviteur fidèle et un maître dont le mérite n'a eu d'égal que la modestie.

G. Van Engelen,
Chargé de cours à l'Université de Gand.

§ 3. — Physique

Une méthode nouvelle pour repousser les gaz nocifs. — Mme H. Ayrton avait remis à la Société Royale de Londres le 29 août 1917 un mémoire sur ce sujet, dont la publication a été différée jusqu'à une époque récente[1], et qui constitue un exemple frappant d'application, à une question pratique de grande importance, d'une observation qui paraissait devoir rester au premier abord confinée dans le domaine de la science pure.

Le 6 mai 1915, peu de temps après la première attaque allemande par les gaz, Mme Ayrton avait fait connaître les résultats de ses recherches sur les variations de pression, et les courants qui en résultent, provoquées dans l'eau en état d'oscillation par un obstacle placé au fond du récipient. En y réfléchissant, il lui apparut qu'en faisant osciller un obstacle d'une façon appropriée dans l'air voisin d'une tranchée, il devait être possible de provoquer des courants semblables à ceux qui se produisent dans l'eau, lesquels, tout en renvoyant les gaz asphyxiants vers l'ennemi, fourniraient aux hommes une provision d'air frais venant de l'arrière.

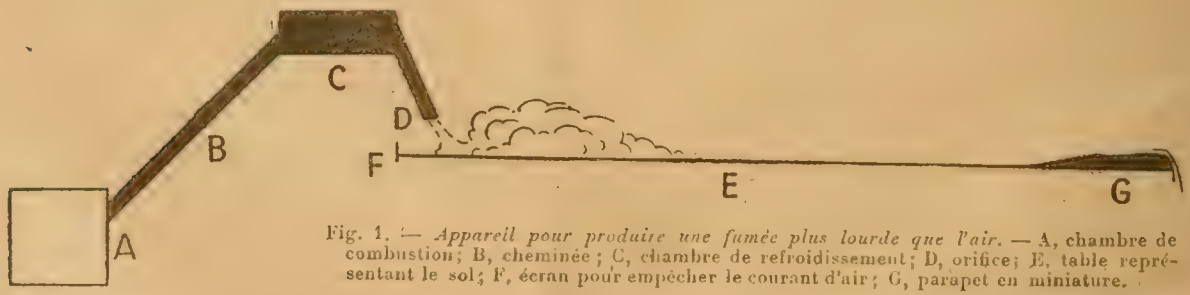


Fig. 1. — *Appareil pour produire une fumée plus lourde que l'air.* — A, chambre de combustion; B, cheminée ; C, chambre de refroidissement; D, orifice; E, table représentant le sol; F, écran pour empêcher le courant d'air; G, parapet en miniature.

Pour vérifier cette hypothèse, Mme Ayrton réalisa le dispositif expérimental suivant : On obtient une fumée lourde en faisant brûler lentement du papier d'emballage dans une boîte à biscuits A (fig. 1), se continuant par un tube B, une autre boîte C et un second tube D, entourés tous trois de linges humides. La fumée ainsi

1. *Proc. Royal Soc.*, A, t. XCVI, n° 676, pp. 249-256; 9 oct. 1919.

refroidie devient plus lourde que l'air et tombe en cascade de l'extrémité du tube D sur le bord d'une table E (de 1 × 2 m.), pourvue d'un rebord F pour protéger la fumée des courants accidentels. La fumée s'étend alors en hauteur et en largeur et roule en tourbillons vers l'autre bord, pourvu d'un parapet minuscule G, en formant un nuage dense de 60 à 90 cm. de largeur et de 7,5 à 10 cm. de hauteur.

Pour repousser le nuage, Mme Ayrton employa un petit éventail qui, après plusieurs essais, prit finalement la forme de la figure 2, composée d'une tige et de lames à charnières pouvant prendre une certaine inclinaison les unes par rapport aux autres. En donnant

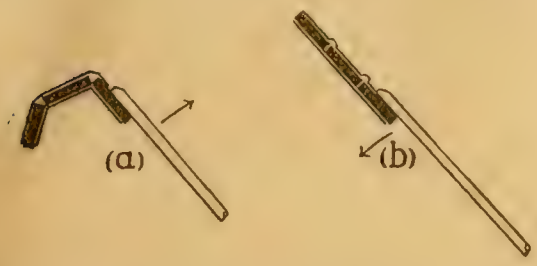


Fig. 2. — *Petit éventail modèle* (en demi-grandeur). — *a*, en mouvement vers le haut; *b*, en mouvement vers le bas. Il suffit pour dissiper en 6 secondes un nuage de fumée de 2,5 m. de longueur, 1,8 m. de largeur et 7,5 cm. d'épaisseur.

quelques coups rapides de cet instrument au-dessus du parapet G, on assiste à un spectacle extraordinaire : au bout de quelques secondes, le nuage de fumée s'arrête, puis il rebrousse chemin, en augmentant de hauteur, comme s'il était balayé. Il ne s'arrête que bien au delà de la boîte A, distante pourtant de 2,5 m. Le courant de fumée qui continue à sortir de D est lui-même arrêté, et transformé en un courant vibratoire qui s'éloigne vers A. La fumée continue à rétrograder pendant quelques instants après que l'éventail a cessé de fonctionner, et finalement la table entière en est complètement débarrassée.

Les résultats remarquables de ces essais conduisirent l'auteur à faire construire pour l'armée des éventails de grand modèle, aussi étendus qu'un homme pouvait les manier; la figure 3 en représente un des types, ouvert et plié. Celui-ci a été journellement en usage sur

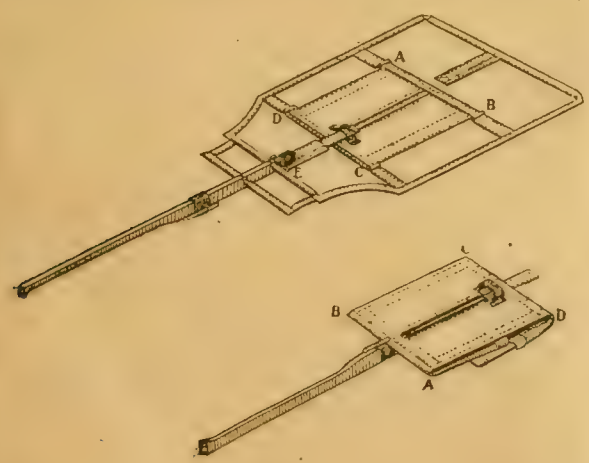


Fig. 3. — *Eventail en usage dans l'armée, ouvert et plié.* Le manche est, en réalité, plus long.

le front depuis mai 1916, principalement pour débarrasser les tranchées, les abris, les trous d'obus, les cratères de mines, etc., des gaz nocifs accumulés sous le bombardement ; cette opération prenait quelques secondes à quelques minutes. Ces éventails mus à la main étaient toutefois insuffisants pour repousser les nappes de gaz lancées par un vent très fort ; aussi furent-ils remplacés en 1917 par des ventilateurs à commande mécanique.

Quelle est la cause du phénomène de répulsion mis en évidence par les expériences de Mme Ayrton. Pour la déceler, l'auteur a d'abord recherché la hauteur et la distance horizontale et latérale jusqu'auxquelles la perturbation crée par l'éventail se fait sentir. Dans ce but, elle a disposé en plusieurs endroits du laboratoire où elle opérait des indicateurs constitués par des morceaux de papier carrés suspendus par de longs fils de soie à des barreaux horizontaux, et qui permettaient, sans avoir besoin d'opérer avec de la fumée, de voir les limites d'extension des courants aériens. Mme Ayrton a ainsi reconnu que la perturbation aérienne créée par un seul coup d'éventail se propage plutôt lentement : de 5,5 m. environ en 15 secondes pour un éventail modèle de l'armée, dans l'air tranquille. La distance maximum d'extension de la perturbation produite par un seul battement augmente avec la vitesse et l'amplitude du battement. Chaque battement successif, si la succession est assez rapide, porte la perturbation plus loin, longitudinalement, latéralement et verticalement, jusqu'à ce qu'une distance maximum soit atteinte dans chaque direction ; au-dessous d'une certaine vitesse, l'effet cumulatif ne se produit pas.

D'autre part, Mme Ayrton a reconnu qu'un éventail en action divise l'espace en deux régions, séparées par un plan vertical passant par une ligne de la lame de l'éventail parallèle à son extrémité. De la région située derrière l'éventail, l'air est aspiré, suivant un mouvement irrotationnel, de toutes les directions vers l'éventail ; dans la région située au-devant, l'air est chassé, suivant un mouvement rotationnel, loin de l'éventail. On ne peut donc dire que ce dernier crée un courant dans le sens ordinaire du mot. Ce qu'il fait, c'est de collecter l'air d'une région étendue dans un espace étroit, et de lui communiquer de l'énergie, à la fois rotationnelle et irrotationnelle, au moyen de laquelle il passe dans une autre région où il se meut dans un espace plus long, plus large et plus élevé que celui d'où il provient. L'éventail est donc un moyen de transformer de l'air au repos ou en mouvement relativement lent en tourbillons puissants qui, en se soudant et se renforçant mutuellement, sont capables de se mouvoir sur une grande surface et de chasser devant eux, en un courant ascendant et de même sens, l'air ou les gaz qui occupaient primitivement l'espace qu'ils traversent.

Mme Ayrton poursuit l'étude théorique de ces phénomènes, qui paraissent dès maintenant susceptibles d'autres applications importantes, par exemple dans la ventilation des usines.

§ 4. — Botanique et Agronomie

Retard de la floraison causé par un gaz toxique. — M. F. Diénert[1] signale une observation curieuse qu'il a eu l'occasion de faire par hasard au cours d'expériences sur les gaz asphyxiants. A la suite d'essais au moyen du chlore, en avril 1919, la végétation d'un cerisier en pleine terre, atteint par les vapeurs, s'arrêta. Puis en septembre l'arbre fleurit en partie, et en octobre le reste de l'arbre se couvrit également de fleurs. Les fleurs de septembre donnèrent des fruits vers la fin d'octobre.

Cette expérience fortuite montre que, par l'emploi ménagé d'un gaz toxique, on peut arrêter la végétation d'un arbre placé en pleine terre, et obtenir des fruits plus tardifs que ceux qu'on récolte normalement.

Il y a là une indication intéressante pour les arboriculteurs et qui mériterait de faire l'objet d'essais méthodiques. De même que, par les cultures forcées en serres, on obtient en hiver des primeurs qui se vendent fort

1. *Revue de l'Viticulture*, t. LI, n° 1328, p. 379 ; 11 déc. 1919.

cher, on pourrait obtenir des récoltes tardives de certains fruits de printemps, dont la vente en automne pourrait être très rémunératrice.

L'emploi des gaz épuisés de hauts-fourneaux comme engrais carbonique. — Le carbone et l'eau forment les constituants principaux des substances végétales ; le premier est obtenu par l'assimilation de l'anhydride carbonique de l'air. La pression partielle de ce dernier est normalement très faible (0,03 %), et c'est peut-être le facteur limitant dans les périodes de croissance rapide, quand l'humidité et les engrais minéraux sont abondants. En effet, Kreusler a montré en 1885 que le taux d'assimilation de CO^2 s'accroît très rapidement avec sa pression partielle jusqu'à ce que celle-ci atteigne environ 0,5 %; ensuite un nouvel accroissement n'a plus que peu d'effet.

En se basant sur ces données, M. F. Riedel[1] vient de se livrer à de très curieux essais horticoles, qui ont consisté à faire pousser des plantes dans une atmosphère enrichie en CO^2 par les gaz d'échappement de grands moteurs à gaz, alimentés eux-mêmes par des gaz de hauts fourneaux préalablement purifiés. En 1917, des cultures identiques ont poussé dans trois serres de 25 m. sur 6 m. chacune, dont deux recevaient des gaz d'échappement tandis que la troisième renfermait une atmosphère normale. On amenait le gaz d'échappement des moteurs, dilué, par des tuyaux perforés placés sous le toit, de façon à élever au voisinage de 0,5 % la pression partielle de CO^2. L'expérience commença en juin, et dès le début les plantes traitées se mirent à croître d'une façon plus vigoureuse, en présentant une teinte du feuillage d'un vert plus foncé, indiquant probablement une production plus rapide de chlorophylle. La récolte fut beaucoup plus considérable dans les serres traitées que dans la serre de contrôle : 2 $^3/_4$ fois plus grande pour les tomates, 1 $^3/_4$ fois pour les concombres.

Des résultats analogues ont été obtenus au cours d'expériences en plein air, dans lesquelles un terrain était divisé en carrés par un réseau de tubes perforés débitant le gaz d'échappement au niveau du sol. Des végétaux variés ont tous présenté une augmentation de récolte par rapport à une culture de contrôle, la récolte en terrain traité atteignant jusqu'à 2,9 fois la récolte moyenne.

En 1918, ces essais ont été renouvelés avec des résultats identiques. On utilisa trois nouvelles serres de 40 m. de longueur et les essais en plein air furent exécutés sur un champ de 30.000 m² de superficie, divisé en parcelles par des tuyaux perforés. Les effets du traitement sont plus prononcés quand le terrain est bien pourvu des autres engrais nécessaires ; CO^2 provoquerait donc une meilleure utilisation de ces derniers.

Les déterminations analytiques effectuées sur l'atmosphère d'une des serres ont révélé une absorption rapide de l'anhydride carbonique par les plantes.

Un haut fourneau produisant par jour 1.000 tonnes de fer donnerait une quantité de CO^2 suffisante pour la culture de 4.000 tonnes de pommes de terre.

§ 5. — Physiologie

Les rapports entre les diverses parties du liquide céphalo-rachidien. — On comprend généralement sous le nom de liquide céphalo-rachidien la totalité du liquide remplissant les espaces sous-arachnoïdiens, les gaines péri-vasculaires, les espaces périganglionnaires et les ventricules cérébraux et spinaux. L'identité de ces divers liquides, ou plutôt la communication entre les divers espaces qui les contiennent, est encore discutée; certains auteurs considèrent ces différents liquides comme des formations distinctes, tant au point de vue de leur origine qu'à celui de leur constitution, et n'admettent pas de communication entre les divers espaces ; d'autres, au contraire, affirment l'unité de ces liquides; les uns et les autres se basent surtout sur des constatations d'ordre anatomique ou anatomo-pathologique.

Mlle L. Stern et M. Rod. Gautier[1] ont soumis ce point litigieux à une analyse physiologique, consistant en l'étude comparative des effets produits par l'introduction de substances chimiques excitantes dans les divers espaces intracraniens : espaces sous-arachnoïdiens d'une part, espace ventriculaire de l'autre.

Les expériences ont été faites sur des animaux de laboratoire : chiens, chats, lapins, cobayes. Les substances injectées appartiennent à la catégorie des corps qui restent sans effet lorsqu'ils sont introduits dans la circulation, mais qui produisent une excitation énergique et générale lorsqu'ils sont appliqués directement sur les centres nerveux (p. ex. le curare, le ferrocyanure de sodium, le bleu de méthylène, le violet de méthyle et autres colorants). Les auteurs ont laissé de côté les substances dont l'injection intravasculaire provoque l'excitation des centres nerveux (comme la strychnine), pour éliminer une action possible par l'intermédiaire de la circulation sanguine, par suite de la pénétration de la substance dans le sang.

Passant sur les détails de la technique très soigneuse adoptée pour ces expériences, nous signalerons simplement les résultats obtenus : L'injection d'une substance excitante dans l'espace sous-arachnoïdien produit d'une manière générale les mêmes effets que l'injection de cette substance dans le ventricule latéral. Toutefois les phénomènes d'excitation se manifestent bien plus tardivement et sont moins intenses après injection dans l'espace sous-arachnoïdien qu'après injection dans le ventricule latéral. Pour produire une excitation d'intensité égale, il faut injecter des doses plus fortes dans l'espace sous-arachnoïdien que dans l'espace ventriculaire. Quant à la distribution de la substance injectée, on constate, dans le cas de substances pouvant être mises en évidence par leur coloration, que la coloration de la surface cérébrale et des parois ventriculaires est approximativement la même quel que soit le lieu d'introduction de la substance colorante. Il y a donc passage de la substance injectée des espaces sous-arachnoïdiens dans la cavité ventriculaire et *vice versa*.

Mlle Stern et M. Gautier attirent d'une façon toute spéciale l'attention sur le fait suivant constaté au cours de leurs recherches : l'injection de la substance excitante sous la dure-mère, injection qui met en contact l'excitant chimique avec une très large surface des hémisphères cérébraux, reste sans effet moteur ou autre pendant un temps plus ou moins long. Le temps latent varie considérablement suivant la taille de l'animal ou plutôt la dimension du cerveau. Par contre, l'injection excitante d'une dose identique dans les ventricules (ventricule latéral ou 4e ventricule) produit des phénomènes d'excitation immédiats, se manifestant souvent déjà au cours de l'injection. Comparée aux formations nerveuses qui se trouvent en rapports avec les ventricules, l'écorce cérébrale présente, vis-à-vis des divers excitants chimiques, une inexcitabilité considérable, sinon absolue.

1. *Stahl und Eisen*, t. XXXIX, pp. 1497-1506 ; 1919.

1. *Arch. des Sc. phys. et nat.*, Suppl., t. XXXVI, n° 3, p. 72 ; août-déc. 1919.

L'ÉCONOMIE DES CALORIES[1]

Les calories, produites dans les foyers, sont utilisées, en France, pour moitié directement, en nature, l'autre partie étant transformée en énergie mécanique.

Occupons-nous d'abord de la première part. Il faut empêcher que la chaleur ne se perde, c'est-à-dire qu'elle ne se dissipe d'une manière stérile, avant d'avoir achevé son œuvre, et qu'elle n'ait reçu l'application en vue de laquelle on l'avait engendrée. La perfection consisterait en ce que toutes les calories disponibles du corps qui les fournit passent à celui qui doit les recevoir : pour cela, il faudrait qu'il ne s'en égare pas en route, et qu'elles soient toutes acheminées vers le but auquel elles sont destinées. On emploie à cet effet les *calorifuges*. On a donné ce singulier nom aux substances isolantes, qui emprisonnent la chaleur, en diminuant le plus possible les phénomènes inévitables de rayonnement, de conductibilité et de convection. Il en est d'efficaces, parmi lesquelles sont au premier rang les terres fossiles, le liège, le feutre, etc., et toutes les autres matières qui confinent l'air et l'empêchent de se mouvoir : on en revêt les corps chauds, les canalisations d'air chaud et de vapeur.

Bien que la chaleur soit éminemment mobile et difficile à enfermer, on réussit dans les moindres industries à diminuer ses pertes dans une large mesure : les procédés à employer sont compris de chacun, et tous en apprécient l'utilité et s'y emploient avec ardeur. C'est la source d'économies qu'il est le moins nécessaire de recommander : elle se fait d'elle-même.

Au lieu de considérer le calorique comme une chose qui ne cherche qu'à fuir, en se transportant des points les plus chauds vers ceux qui le sont moins, il serait plus vrai d'y voir une forme de l'énergie, qui ne peut se transporter qu'en se dégradant : c'est le concept énergétique ; il fait voir les choses d'un point de vue plus élevé et sous un jour plus lumineux. La chaleur ne se perd pas, dans le sens strict du mot, mais elle baisse de qualité, en baissant de température, jusqu'à devenir sans emploi : c'est ce qui arrive lorsque sa température est tombée au niveau de l'ambiance ; on la dit alors perdue, parce qu'elle est dégradée au point d'être inutilisable. Il faudrait qu'elle ne se dégradât qu'en faisant œuvre utile, en relevant le niveau de l'énergie possédée par les corps voisins, en produisant des travaux internes de changements d'état, fusion et vaporisation, etc. L'importance de cette manière de voir se révélera à nous par la suite de cet exposé.

Les opérations thermiques, effectuées dans les exploitations industrielles, se traduisent toujours par des dégradations, qui se manifestent à nos yeux par des échanges ; il y a économie, lorsque ces échanges aboutissent tous à une utilité. Une chaudière à bouilleurs ne rend que 60 %, alors que des chaudières à foyers intérieurs, des semi et des multitubulaires donnent de 63 à 66 %, et même plus, dans des conditions d'ailleurs identiques, uniquement parce que les premières facilitent moins les échanges à travers le métal de leurs parois ; ce qui ne s'échange pas, entre les gaz chauds et l'eau à vaporiser, va chauffer l'atmosphère, sans avantage. Les réchauffeurs d'eau (si bien appelés des *économiseurs*) et les surchauffeurs de vapeur profitent de la dégradation qui a lieu du foyer à la cheminée : aussi avons-nous vu qu'ils peuvent élever le rendement d'une installation complète à 88 %. Il faut protéger les massifs des générateurs contre le rayonnement, qui donne lieu à un échange inopérant vers l'extérieur en chauffant des locaux dont la température est trop élevée. Tel four à réchauffer, tel four de fusion, de cémentation, tel four à réverbère vaut mieux qu'un autre surtout parce qu'il donne lieu à moins d'échanges avec l'ambiant ; le bénéfice de la cuisson des briques en four continu sur la cuisson en meules, en plein champ, n'a pas d'autre origine.

La concentration par la chaleur des dissolutions et des jus, telle qu'elle se pratique notamment en sucrerie, est un des plus curieux et des plus remarquables exemples de ce qu'on peut économiser de calories, en conduisant la dégradation de l'énergie calorifique par échelons utiles vers son terme, qui est sa forme inférieure. Autrefois on chauffait les bassins à feu nu, puis on les chauffa à la vapeur ; ce fut ensuite un grand progrès de produire l'évaporation dans le vide, parce qu'il faut moins de calories pour obtenir le même effet, qui est un départ d'eau sous forme de vapeur ; mais on fit beaucoup mieux encore en imaginant les appareils à *multiple effet*, qu'on ne peut assez louer et admirer. Dans une série de vases clos, communiquants, la vapeur née dans le premier, chauffé par une source

1. Voir mes précédents articles sur « La crise du combustible », « La houille, ses succédanés et ses adjuvants », et « La meilleure utilisation des combustibles », dans la *Revue gén. des Sciences* des 30 janvier, 15 et 29 février 1920.

extérieure, porte sa chaleur latente de vaporisation au second vase, et elle y vaporise du liquide; la vapeur ainsi engendrée dans ce dernier va opérer de même dans le troisième, et cela pourra se continuer de la sorte sans limite, pourvu qu'on maintienne dans les vases, formant la cascade, un vide de plus en plus parfait, qui abaisse la température de l'ébullition et assure encore la possibilité de la vaporisation.

Chaque vase est, pour celui qui le suit, une chaudière, et il remplit pour celui qui le précède l'office d'un condenseur. L'énergie se dégrade d'un vase à l'autre : elle le fait utilement. En pratique, on se borne au triple effet : les vases sont aux températures décroissantes de 90, 80 et 70°. Il ne s'échappe de l'appareil aucune vapeur, celle du dernier vase étant condensée dans un serpentin de chauffage des jus, à une température de 60° environ. Le vide à maintenir entraîne une certaine dépense d'énergie, dont il faut évidemment tenir compte dans le bilan de l'opération ; mais ce travail est généralement produit par une machine à vapeur à échappement libre, dont la vapeur de décharge chauffe précisément le premier vase. La concentration des jus ainsi effectuée procure une économie nette de 30 % au moins sur l'évaporation à l'air libre. Etant donné que le traitement de 1.000 kg. de betteraves exige la concentration de près de 1.300 kg. de jus sucrés, on peut apprécier le bénéfice que procurent les appareils que nous venons de décrire. Ajoutons qu'ils font économiser des calories et du temps ; des deux choses on peut dire... *is money*.

Les vapeurs, qu'autrefois on laissait perdre à l'air, sont aussi utilisées avantageusement dans un grand nombre d'industries, et notamment en brasserie ; qu'on nous dispense d'entrer dans plus de détails : nous demandons qu'on retienne seulement la perfection avec laquelle on utilise aujourd'hui les restes.

Des progrès plus considérables encore ont été réalisés en métallurgie ; nous avons vu qu'elle consume près du cinquième du charbon que nous employons par an en France, et elle se prête mal à l'utilisation des adjuvants de la houille, car c'est l'énergie calorifique dont elle a besoin. Les pertes de calories y étaient autrefois scandaleuses, mais de grandes réformes sont intervenues, et il est loin le temps où Victor Hugo voyait la vallée de la Meuse éclairée par les flammes qui s'échappaient des appareils de la sidérurgie. On commença par adosser des chaudières aux fours à puddler, à réchauffer et aux autres : Péclet parlait déjà d'une production de 525 kg. de vapeur à 6 kg. par heure, pour un four à réchauffer brûlant 100 kg. de houille. Pour ce qui est des hauts fourneaux, les ingénieurs français Aubertot, Faber du Fau, puis Thomas et Laurens imaginèrent les prises de gaz, par lesquelles on les capte avant tout contact avec l'air pour les canaliser et les conduire aux fours, aux générateurs de vapeur et surtout aux réchauffeurs d'air Whitwell et Cowper, et autres : le chauffage du vent récupère près du tiers des calories du combustible introduit dans un grand fourneau ; le reste n'est point perdu, nous le verrons plus loin. Il est des établissements dans lesquels on brûlait, il y a quelques années encore, 5.300 tonnes de houille crue par mois et où l'on n'en consomme plus que 600.

*
* *

Une des plus admirables et des plus fécondes inventions des temps modernes a été l'utilisation de ce qu'on appelait « la puissance motrice du feu » ; les maîtres qui ont substitué aux bras de leurs semblables les muscles de fer et d'acier des machines ont réalisé une œuvre grandiose, car ils ont inauguré une ère nouvelle, en abolissant « l'esclavage qui tue », comme le disait éloquemment le P. Gratry. Mais je n'ai pas à traiter ici de l'importance morale de cette conquête du génie humain [1] ; je ne m'occuperai donc que de l'économie de calories qu'il nous reste à poursuivre, en 1920, dans les machines thermiques.

On nomme ainsi les machines qui ont pour objet de transformer l'énergie calorifique en énergie mécanique ; pour préciser, ce sont les machines à vapeur et à air chaud, les moteurs à gaz tonnants, les moteurs à pétrole et généralement les moteurs à combustion interne.

Ces machines thermiques, quelque merveilleuses qu'elles soient, ont perdu de leur prestige depuis qu'on a comparé leur rendement à celui des machines hydrauliques ; alors qu'en accouplant une turbine à eau avec une génératrice d'électricité le coefficient d'utilisation atteint de 87 à 90 %, on n'obtient, dit-on, en brûlant du charbon dans le foyer d'une chaudière alimentant une excellente machine à vapeur, que 14 % en travail indiqué, soit 12,6 % en travail effectif [2].

Ces résultats, communiqués à un public mal averti, sans y joindre le commentaire nécessaire, ont créé une mentalité erronée, que je voudrais

1. WITZ : *Les machines à feu, leur rôle et leur évolution* ; discours présidentiel prononcé à la Société des Sciences de Lille, en 1912 (Lille, Danel).

2. Je renverrai de nouveau le lecteur à mon article de 1902 sur le « rendement comparé des machines à vapeur et des moteurs à gaz », paru dans l'*Eclairage Electrique*.

déraciner des esprits qui s'en sont laissé imposer par ces chiffres.

On n'a pas le droit de mettre en parallèle le rendement des machines de nos stations hydro-électriques avec celui des stations thermiques, attendu que ces rendements ne sont pas comparables ; dans le premier cas, c'est de l'énergie mécanique qui se transforme en énergie électrique, de même valeur; dans le second cas, le foyer et la machine transforment de l'énergie calorifique, d'un degré inférieur à l'énergie mécanique, en énergie électrique, elle-même d'un degré supérieur. Que l'énergie calorifique soit une forme d'énergie de moindre valeur que l'énergie mécanique, c'est un fait d'expérience indiscutable; en effet, les kilogrammètres donnent toujours des calories, quel que soit le mode de transformation adopté; mais il faut recourir à des artifices appropriés et à des dispositifs spéciaux pour tirer des kilogrammètres hors des calories. La première conversion s'opère fatalement et le voiturier qui néglige de graisser abondamment les fusées de ses essieux en fait la désagréable constatation; la conversion inverse n'est devenue possible qu'à la suite d'un grand et long effort du génie humain. Il y a plus : non seulement le travail se transforme en chaleur spontanément et directement, mais il se transforme intégralement; 425 kilogrammètres font toujours naître une calorie, mais, quand une calorie est mise en état d'engendrer des kilogrammètres, elle n'en donne jamais 425, car *elle ne peut pas les donner*. Le rendement du cycle de Carnot, qui est un rendement maximum, n'est égal qu'à 46 % entre les limites de 300° et de 35°, températures d'un surchauffeur et d'un condenseur excellents ; dans une machine à vapeur, fonctionnant dans ces conditions, une calorie ne fournira que $425 \times 0{,}46 = 195{,}5$ kilogrammètres. Pourquoi lui en demander 425, ainsi qu'on le fait en calculant par le procédé habituellement en usage ce qu'on est convenu d'appeler le rendement de la machine[1] ?

Hirn, qui joignait au savoir d'un thermodynamiste les connaissances d'un ingénieur, doublé d'un industriel, s'était rendu compte de la fausseté du concept du rendement *thermique*, et de l'appréciation pessimiste qu'il ferait naître dans l'esprit de ceux qui lui prêteraient une valeur absolue, alors qu'il ne peut servir de base qu'à une comparaison. Il proposa donc de considérer le rapport entre le rendement estimé de la sorte, et celui du cycle de Carnot, compris entre isothermiques et adiabatiques; c'était la manière de donner la note vraie; ce rendement caractéristique des genres devait recevoir le nom de rendement *générique*. Pour le coup, l'idée était juste et le mot heureux; malgré cela, il ne s'est pas répandu. On compare plus souvent la consommation de vapeur constatée par les essais, à celle que présenterait une machine type, travaillant entre les mêmes limites de température et de pression, et l'on prend généralement comme cycle de cette machine réputée parfaite celui de Rankine adopté par Clausius, dans lequel l'admission et l'échappement s'opèrent à pression constante, la compression et la détente s'effectuant suivant des adiabatiques ; on admet que la détente est complète jusqu'à la pression de l'échappement. Les auteurs réservent au rendement ainsi déterminé la qualification de rendement *thermodynamique*[1] ; on s'en sert beaucoup aujourd'hui, et avec raison ; mais il ne s'applique qu'aux seules machines à vapeur, et l'on peut regretter l'introduction d'un mot nouveau dans la technique des machines motrices, déjà fort encombrée de rendements divers, qui déroutent les profanes.

Que l'on fasse usage du rendement générique ou thermodynamique, on est conduit à une appréciation plus saine, plus juste et plus encourageante de la valeur d'un moteur thermique; nous devrions tous prendre l'habitude de cette terminologie plus rationnelle que l'ancienne; mais il est plus aisé de créer une bonne pratique que d'en réformer une mauvaise.

L'adoption des rendements génériques ou ther-

1. On calcule ce rendement en faisant le rapport entre le nombre de calories équivalant aux 270.000 kilogrammètres du cheval-heure, égal à $\frac{270.000}{425} = 635{,}29$, et le nombre de calories réellement dépensées pour obtenir ce cheval-heure. Ainsi, le rendement thermique *indiqué* s'obtient en divisant 635,29 par les calories de la vapeur consommée par cheval-heure indiqué; on aurait le rendement *effectif* en prenant les calories dépensées par cheval-heure effectif. Cette manière de calculer s'applique à tous les moteurs thermiques, quels qu'ils soient, à vapeur, à gaz ou à pétrole; c'est l'avantage qu'elle présente.

1. M. Rateau a dessiné une abaque donnant la consommation d'une machine thermique, cycle de Rankine, par cheval-heure indiqué pour des pressions déterminées d'admission et d'échappement; il n'y a qu'à diviser cette consommation par la quantité de vapeur dépensée, dans les mêmes conditions de pression, par la machine mise en expérience, pour obtenir immédiatement la valeur de son rendement thermodynamique. A défaut de cette intéressante et utile abaque, on procède à la détermination de ce rendement par le calcul qui suit : on compare l'équivalent calorifique des 270.000 kilogrammètres qui correspondent au cheval-heure, soit 635.29 calories, avec la quantité de chaleur transformée en travail par détente adiabatique, dans le cycle-type, entre les pressions et températures d'amont et d'aval de la machine considérée. Par kg. de vapeur, cette quantité est donnée par la différence h, d'ordonnées, pour ces limites, dans le diagramme J. S. (chaleur-entropie) de Mollier ; pour P kg. de vapeur par cheval-heure, on a donc Ph. Et le rendement thermodynamique cherché R est égal à $\frac{635.29}{Ph}$.

modynamiques réhabiliterait la machine à vapeur, que l'on semble vouloir déprécier à plaisir. Voici, par exemple, une machine monocylindrique de 200 chevaux, à condensation, alimentée de vapeur saturée et sèche, consommant 6,5 kg. de vapeur par heure et par cheval indiqué, sous 7,5 kg. de pression à la chaudière ; c'est une bonne machine ordinaire. Son rendement thermique n'est pourtant que de 14,8 %, mais son rendement générique prend la valeur de 49 % et son rendement thermodynamique dépasse 59 %. Il y a loin encore de l'utilisation qu'une théorie idéale assigne à une machine parfaite. Toutefois remarquons que le cycle réel, suivi dans les opérations, est soumis à des imperfections que l'on connaît, et qu'il est pour ainsi dire impossible de corriger ; et qu'il y a des pertes inévitables de tout genre. Cela étant, une machine qui est plus qu'à moitié chemin de la perfection n'est pas si condamnable qu'on veut le dire, et il n'y a pas de raison de lever les bras au ciel en déplorant la pitoyable utilisation de nos précieuses calories. L'exemple choisi est du reste emprunté à la vie industrielle courante et nous trouverons mieux dans la suite de cette étude.

J'ai cru nécessaire de présenter ces considérations avant d'aborder la question des économies à réaliser dans les machines motrices, actionnées par la chaleur.

* * *

La machine à vapeur est sortie du cerveau génial de Watt et de ses mains d'habile mécanicien armée de toutes pièces, enveloppes de vapeur et cylindres multiples y compris, mais c'est Sadi Carnot qui a pénétré le mystère de son fonctionnement.

Les Anglais gardèrent jalousement, le plus longtemps qu'ils purent, le monopole de sa construction et de son emploi : c'est elle qui les sauva dans la terrible crise économique qu'ils traversèrent au sortir des guerres de l'Empire, après avoir vaincu à Waterloo. Mais c'est chez nous que le concept théorique du moteur à feu est né ; nos thermodynamistes ont compris son importance et l'ont développé. Les noms de Combes et de Dupré méritent d'être retenus.

Mais c'est à l'esprit positif et pratique d'un Alsacien, filateur de coton et correspondant de l'Institut de France, à Hirn, qu'il était réservé de se dégager le premier de la fiction des formules incomplètes et des schémas irréels et de découvrir un facteur insoupçonné, mais prépondérant pour la consommation : l'action de paroi ; il a remis en faveur l'enveloppe de vapeur, la détente en cylindres étagés et la surchauffe de la vapeur. Le maître de l'Ecole de Mulhouse a plus fait pour l'économie du fonctionnement que Clausius et Zeuner ; ceux-ci étaient des théoriciens plus consommés que lui, mais il manquait à ces professeurs éminents d'avoir expérimenté sur une machine en service industriel. La machine classique de la filature du Logelbach, près de Colmar, devra être conservée avec le même soin religieux que les machines de Bordesley et d'Ocker Hill que les Anglais ont remises en marche au cours des fêtes du centenaire de Watt.

En revenant à la distribution par quatre tiroirs, l'Américain Corliss obtint une souplesse et une régularité de marche inconnues jusque-là : il releva sur ses machines des diagrammes de formes impeccables ; mais cette élégance des tracés n'est qu'une coquetterie dans l'espèce, ainsi que l'ingéniosité des déclics et la perfection des obturateurs cylindriques, soupapes équilibrées et pistons-valves en usage aujourd'hui. C'est toujours aux idées alsaciennes sur les influences des parois qu'il faut en revenir, pour réaliser un fonctionnement économique.

Une machine, d'une puissance de 2.000 chevaux, à triple expansion, avec condensation, alimentée de vapeur sous 12 kg. de pression, surchauffée à 325°, prise dans d'excellentes conditions d'entretien, peut arriver aujourd'hui à ne consommer que 4.250 grammes de vapeur par cheval-heure indiqué, soit 4.620 grammes par cheval-heure effectif [1] ; cela fait 3.106 et 3.377 calories. En bon charbon moyen, d'un pouvoir supérieur de 7.500 calories, le générateur de vapeur pourvu de tous ses accessoires possédant un rendement de 88 %, ces consommations ressortent à 470 et 510 grammes par cheval-heure indiqué ou effectif. Les rendements thermiques correspondants sont égaux à 0,24 et à 0,19. S'ils ont pu être dépassés, c'est qu'on avait affaire à un merle blanc que l'on devrait mettre dans un musée. Mais cet oiseau rare pourrait peut-être devenir plus commun.

On gagnerait peu de choses à porter la puissance à 4.000 chevaux, comme l'ont fait d'habiles constructeurs américains et belges ; en effet, la consommation par unité de puissance ne diminue qu'insensiblement à partir de 1.000 chevaux. D'ailleurs, il faut noter que de petites demi-fixes du type Wolff ont développé le cheval-heure indiqué par 4.849 grammes de vapeur à 12 kg. de pression, surchauffée à 330°, dans les essais effectués à Dresde par M. Lewicki ; il s'agissait d'une machine de 100 chevaux. Si ce chiffre de consom-

1. J'estime le rendement organique à un maximum de 0,92.

mation provoquait quelque scepticisme [1], je citerais les résultats d'un essai de l'Association Alsacienne, qui a porté sur une autre demi-fixe, de 200 chevaux, du type Badenia, alimentée sous 9,85 kg. de pression ; ce moteur consomma 5.480 grammes de vapeur (le rapport n'a pas indiqué le degré de surchauffe) par cheval-heure indiqué, et 650 grammes de charbon. Il serait illusoire, d'après ces chiffres, de chercher l'économie du combustible par la construction de machines à piston et mouvement alternatif d'une puissance plus grande que par le passé.

Faut-il marcher à une pression de vapeur plus considérable ? On se tient généralement à 9 ou 10 kg. ; bien qu'il en coûte peu de porter le timbre des chaudières à des pressions plus élevées, on ne gagne pas beaucoup à le faire. Un kilog d'augmentation de pression ne donne qu'un bénéfice de 1 % sur le rendement, et ce bénéfice est moindre encore au delà de 12 kg.

On se déclare satisfait d'un vide de 85 % ; il n'y a pas beaucoup d'intérêt à l'améliorer, pour les machines à piston, que nous considérons en ce moment.

Il faut, autant qu'il se peut, que les machines travaillent à pleine charge, mais on s'y applique dans la mesure du possible, et il n'y a pas à s'inquiéter outre mesure d'un fonctionnement momentané à charge réduite. Le tableau ci-dessous en témoigne :

Compound, diamètres de piston, 0 m. 650 et 1 m. 100 ; course, 1 m. 100 ; vitesse, 100 tours : minute ; pression, 12 k.; surchauffe, 300°.

Degré d'admission	Puissance en chevaux indiquée	Puissance en chevaux effective	Consommation de vapeur par cheval-heure indiqué
4/100	725	600	4 k.,850 gr.
6	1.075	940	4 k.,600
8	1.275	1.275	4 k.,500 dépense minimum
10	1.500	1.350	4 k.,700 gr.
12	1.700	1.350	4 k.,900

C'est à la surchauffe que j'attache le plus de prix : une surchauffe même modérée présente le grand avantage de sécher la vapeur et l'on sait combien il importe d'assurer la siccité de la vapeur; d'autre part, ce serait une erreur d'exagérer la surchauffe, car le plus clair du bénéfice est obtenu vers 300° ou 325°, avec le minimum d'ennuis, pour une vapeur possédant une température de saturation de 175°. On peut estimer dans ces limites qu'une surchauffe de 10° fait gagner généralement de 100 à 200 grammes sur la dépense de vapeur par cheval-heure indiqué, mais il est difficile de donner des précisions à cet égard. En effet, la surchauffe est un remède très actif pour certaines machines moins bien conditionnées ; c'est un simple adjuvant pour d'autres plus parfaites. Pour les premières, le bénéfice à réaliser est quelquefois considérable ; j'ai vu, dans une machine à grande vitesse de 250 chevaux, une consommation de vapeur saturée tomber de 7 à 5 kg. par cheval-heure indiqué pour une surchauffe de 300° : on peut donc dire que, dans certains cas, la surchauffe ne se recommande pas, elle s'impose. Dans d'excellentes machines, à multiple expansion, pourvues d'enveloppes de vapeur efficaces, il semblerait que la surchauffe soit une superfétation ; il n'en est rien : l'expérience montre qu'alors même on gagne souvent encore 100 grammes par 10 degrés. La surchauffe n'étant point un effet obtenu gratuitement, l'économie de vapeur ne se traduit pas adéquatement par une économie égale de charbon, mais elle est néanmoins une source d'économies qu'aucun industriel ne devrait négliger et qu'on aurait tort de ne pas appliquer dans toute installation nouvelle.

C'est ce qui se fait du reste. Sur 37 essais de consommation, effectués, pendant l'exercice 1912, par l'Association Alsacienne, il n'y en a eu que 7 qui aient porté sur des machines alimentées en vapeur saturée.

Aussi les résultats obtenus dans l'industrie privée sont-ils remarquables : sur les 37 machines dont je viens de parler, il ne s'en est trouvé que 4, qui aient été inférieures à ce qu'on est en droit d'attendre d'une installation actuelle. Pour les 33 autres, voici les consommations de vapeur et les rendements thermodynamiques calculés par M. Kammerer :

	Machines monocylindriques	Machines Compound
Nombre	14	19
Puissance en chevaux indiqués	44 à 557	68 à 831
Consommation de vapeur		
par cheval-heure indiqué	9 k.,630 à 4 k.,720	9 k.,640 à 4,860
— en calories	6364 à 3414	6809 à 3646
Rendement thermodynamique	47,9 à 73,3	54,3 à 76,1

Ce parallèle n'a qu'un but; c'est de faire constater que nos industriels savent ce que valent les calories, et que la majorité d'entre eux en tire le plus de kilogrammètres qu'ils peuvent : il sera difficile, mais non impossible, d'obtenir mieux.

Ceux d'entre eux qui ont l'emploi du calorique en nature, dans leurs usines, ont su réaliser des économies de combustible, dont j'ai déjà signalé l'importance, mais sur lesquelles je crois devoir insister. Souvent la quantité de vapeur nécessaire est moindre que celle que la machine motrice consomme pour actionner les ateliers, auquel cas on monte une machine à contre-pression, qui détend utilement dans son cylindre la

1. Le professeur Josse a même relevé, sur une demi-fixe de 50 chevaux, une dépense de 595 grammes de charbon par cheval-heure effectif ; ce chiffre paraît être le record dans l'espèce.

vapeur de chauffage, et on lui accouple une machine auxiliaire à condensation, développant le supplément de puissance nécessaire.

On peut encore faire emploi d'une machine à double fin, une compound, sur le receiver de laquelle on pratiquera une dérivation. Au cas où il faut plus de vapeur que le moteur n'en débite, on fera échapper toute sa décharge dans des canalisations de chauffage, à la pression requise, et le surplus sera demandé à des chaudières sous forme de vapeur vierge. Dans les deux hypothèses, l'économie est grande; je renonce à la chiffrer, car elle dépend des conditions d'emploi et d'installation[1]. Le procédé est applicable aussi bien aux turbines qu'aux machines à piston, mais les premières permettent notamment de dériver sous plus haute pression : on peut obtenir par elles de la vapeur de chauffage ayant une pression de 6 kg. par cm², tandis que les machines à piston ne permettent guère de dépasser 2 kg.

M. Rateau est arrivé aussi à de remarquables résultats en utilisant les vapeurs d'échappement de machines à marche intermittente, telles que les machines d'extraction ou de laminoirs; ces vapeurs sont reçues dans un accumulateur, puis utilisées par des turbines à basse pression, construites pour recevoir un appoint de vapeur vive, lorsque la décharge donne une quantité insuffisante ou qu'elle est même entièrement supprimée. Les installations des mines de Béthune et de Liévin sont connues et elles ont donné la preuve des avantages du système, qui n'a pas tardé à être apprécié et a reçu de nombreuses applications; la puissance ainsi récupérée en France atteint plusieurs centaines de mille chevaux. Ces applications ont été étendues à des combinaisons de turbines avec des machines à piston à marche continue, avec non moins de succès. On adjoint à une compound alternative une turbine à basse pression, qui remplace le grand cylindre : il y a avantage à cette substitution, par le fait que le rendement des roues à basse pression est supérieur à celui du second cylindre à piston, dans lequel la condensation sur les parois (et ce que Hirn avait appelé la *perte au condenseur*), le rayonnement et les frottements occasionnent des déchets, que l'art des ingénieurs n'a pu supprimer. Les résultats du système Rateau sont doubles : on augmente la puissance des moteurs et l'on améliore leur rendement. Dans un peignage de Roubaix, une compound de 950 chevaux indiqués, dépensant 8.500 kg. de vapeur à l'heure, a développé ainsi 800 chevaux par ses propres moyens, plus 535 chevaux sur l'arbre de la turbine qu'on lui a adjointe, en ne dépensant plus que 8.000 kg. de vapeur; le gain de vapeur a par conséquent dépassé 40 % et les chaudières ont eu à débiter moins de vapeur.

Les dispositions de ce genre sont appelées à prendre un grand développement dans les établissements de l'industrie textile, filatures et tissages; elles conduiront à une électrification partielle extrêmement féconde en résultats de tout genre.

Une électrification générale, obtenue par l'emploi unique de groupes électrogènes, est une application des turbo-moteurs plus radicale, restée assez restreinte jusqu'ici, qu'il n'y a guère de raisons d'étendre beaucoup. A mon avis, — je reconnais que ce n'est pas l'avis de tous, — cette extension n'est à conseiller que dans des cas particuliers, notamment quand il y a à transporter de l'énergie dans un rayon considérable, ou à travers des espaces et des terrains dont on ne dispose pas en maître, quand la marche de certaines machines (des métiers à tisser, par exemple) subit des intermittences fréquentes, quand leur installation exige de longues lignes d'arbres, ou bien encore lorsqu'on opère des dérivations sous haute pression et qu'on a l'utilisation d'eaux chaudes sans huiles, que ne peuvent donner les moteurs à piston, etc. Hors de ces cas, et de quelques autres analogues, il faut se garder de céder à un engouement irréfléchi pour l'électricité, qui rend d'incomparables services, c'est entendu, mais les fait payer; il ne faut point oublier qu'en général l'attaque directe des transmissions par les câbles et courroies, qui ont remplacé partout les roues dentées, est plus économique que la commande électrique, laquelle exige deux transformations successives, d'énergie mécanique en énergie électrique et réciproquement, et de plus une perte en ligne, que l'on peut assurément rendre aussi faible que l'on veut, mais qui n'est jamais négligeable. Dans des conditions de rendement que l'on peut dire très satisfaisantes, l'utilisation totale reste voisine de $0{,}92 \times 0{,}92 \times 0{,}975 = 0{,}825$: or, un transport mécanique d'énergie donne souvent 0,94. Je pourrais citer des chiffres précis, que j'ai relevés, avant et après électrification, dans d'importantes usines, dans lesquelles une transformation par voie électrique, avantageuse à certains égards, s'était soldée en fin d'année par une dépense plus grande de combustible. Les grandes cages à câbles ont encore de nombreux et fidèles clients.

1. Voir sur ce sujet l'étude très documentée de M. Kammerer, publiée dans le *Bulletin de l'Association Alsacienne*, de l'année 1912.

Ajoutons d'autre part que le turbomoteur, considéré uniquement comme source d'énergie, n'a point de supériorité théorique sur la machine alternative à piston ; j'ai montré qu'on ne peut revendiquer en sa faveur que des avantages ressortissant de la théorie générique telle que Hirn l'entendait, à savoir une réduction des actions nuisibles de paroi et des pertes par espace nuisible et détente incomplète ; il ignore le déchet de rankinisation et des chutes de pression inopérantes ; ce sont là des facteurs de grande valeur, mais dont on a peut-être voulu exagérer la portée [1]. Si la détente se poursuit mieux et plus loin dans la partie basse-pression d'une turbine que dans le deuxième cylindre d'une compound, par contre le premier cylindre de celle-ci présente un rendement meilleur que les roues haute-pression. En somme, la machine à piston garde sa valeur relative : la pratique confirme cette manière de voir. Dans une série d'essais de onze turbines d'une puissance variant de 300 à 2.500 kilowatts, effectués chez l'industriel, par M. Kammerer, en l'année 1912, cet ingénieur distingué a trouvé pour une d'elles une consommation de 12,23 kg. de vapeur par kilowatt-heure, dont je ne ferai pas état, car la vapeur n'était pas surchauffée ; pour les dix autres, la dépense a passé de 8,93 à 6,60 kg., ce qui correspond à 5,90 et 4,36 par cheval-heure effectif, et pourrait se ramener à 5,31 et 3,92 par cheval-heure indiqué, si l'on voulait trouver une base de comparaison avec les consommations signalées ci-dessus [2]. Ce sont des grandeurs de même espèce.

Au delà de 2.500 kilowatts, le rendement s'améliore sensiblement et l'on a signalé fréquemment des consommations de 5,50 kg. de vapeur par kwh dans les conditions habituelles des centrales, soit 12 kg. de pression à l'entrée des turbines, et 300° à 310° de surchauffe, marche à pleine charge de turbines d'au moins 500 kilowatts. Le perfectionnement des génératrices a évidemment contribué aux améliorations constatées dans la dépense de vapeur par unité de puissance. Mais il faut reconnaître que les constructeurs de turbines ont réalisé de sérieux progrès par un meilleur profil des ailettes et directrices, une réduction des jeux, un meilleur isolement calorifique des enveloppes et une augmentation du vide. Le condenseur Westinghouse-Leblanc et l'éjectair Bréguet-Delaporte conduisent aujourd'hui à des vides de 96 %, inconnus il y a peu d'années : on était alors heureux d'atteindre 90 à 92 %.

Les Américains ont pris, semble-t-il, la tête du mouvement en turbines ; au Congrès de 1918 de l'American Institute of Electrical Engineers [1], M. Rice a mis en relief dans le parallèle ci-dessous l'amélioration des rendements obtenue chez eux depuis 1903, date de l'installation aux Etats-Unis du premier groupe turbo de 5.000 kilowatts :

Années	Puissance des unités	Rendement thermique global en pour 100
1903	5.000 kw.	10,15
1908	14.000	15
1913	20.000	18
1917-18	35.000	21,6.

Ce rendement de 21,6 est encore largement dépassé par celui des puissants moteurs à gaz de hauts fourneaux et par les moteurs Diesel ; mais la turbine possède sur ces machines motrices une prééminence indiscutable, qu'elle doit à son volume réduit, au faible encombrement qu'elle présente, aux frais minimes d'entretien et de graissage qu'elle impose même en surchauffe, à la régularité de sa marche, et à la souplesse et à la sécurité de son fonctionnement. Ce sont des qualités maîtresses, qui lui permettent de se prêter mieux que tout autre à la commande directe des génératrices de courant, des ventilateurs et des pompes. De plus, elle règne en souveraine dans les stations centrales où elle a atteint des puissances formidables, que les machines à piston, quelles qu'elles soient, ne peuvent égaler qu'en multipliant les unités, en occupant de vastes espaces et en augmentant énormément les frais d'installation et d'entretien.

***

La machine à air chaud, inventée dès 1816 par le révérend Stirling, introduite plus tard dans la pratique industrielle par le capitaine Ericsson, qui avait fait concevoir tant d'espérances, fondées d'abord sur l'argument assez vain de l'absence de chaleur latente, ensuite sur la chute considérable de température entre les sources supérieure et inférieure, et enfin sur le rendement générique de son cycle, pouvant devenir égal à un, ne survit plus guère que dans les

1. WITZ : Théorie générique et expérimentale des turbines à vapeur et à gaz ; *Revue générale des Sciences*, 15 et 30 janvier 1908.

2. La puissance indiquée n'a aucun sens, ni aucune réalité en turbines ; il n'en est fait usage que dans le but de pouvoir comparer leurs consommations avec celles des machines à piston dont la puissance est toujours mesurée par l'indicateur de Watt. Mais on peut calculer assez exactement les résistances passives d'une turbine et déterminer son rendement organique.

1. Voir le discours de M. Rice dans la *Revue gén. des Sciences* du 15 octobre 1918 ; et dans la *Revue gén. d'Electricité* du 15 déc. 1917 d'intéressants rapprochements entre les turbines de 1911 et de 1915, dans une étude de M. Lehoux.

souvenirs des thermodynamistes; les régénérateurs n'étaient qu'un rêve! Ils ne régénèrent pas la chaleur ou, s'ils en régénèrent quelque peu, ils ne durent pas.

Par contre, le moteur à gaz tonnants, sorti de la période des tâtonnements par l'initiative de Lenoir, en 1860, a parcouru en peu d'années une carrière magnifique, et il s'est posé en rival heureux de la machine à vapeur, avec ses unités de plusieurs milliers de chevaux, alimentées par ces puissants gazogènes que sont les fours à coke et les hauts fourneaux. Des expériences très soignées que j'ai poursuivies sur un de ces moteurs, de 2.200 chevaux effectifs, m'ont conduit à relever une consommation de 2.380 litres de gaz à 944 calories, par cheval-heure effectif, donc de 2.247 calories; le rendement thermique effectif moyen de cinq essais a été de 0,28, valeur à remarquer; le rendement générique, que l'on peut estimer à 0,38, est moins élevé que celui des bonnes machines à vapeur, parce que le cycle réel du moteur présente plus d'imperfections. Il reste donc plus de progrès à faire en moteurs à gaz et il y a pour eux une plus grande marge d'avenir : ils contribueront efficacement à l'économie du combustible.

Toutefois ce n'est pas en développant plus encore leur puissance que l'on réalisera la plus importante économie de calories, attendu que le plus beau rendement thermique qu'il m'ait été donné d'observer, égal à 0,298 (autant vaut dire 0,30), a été atteint par un moteur de 16 chevaux, alimenté de gaz de ville, d'un pouvoir calorifique considérable de 5.784 calories (pouvoir supérieur). Je ne crois pas davantage à l'avenir des turbines à gaz, sur lesquelles quelques-uns ont fondé tant de brillants projets : leur réalisation présentera du reste d'énormes difficultés pratiques.

Dans de nombreuses industries, le moteur à gaz pauvre se prête directement à de substantielles économies, car il développe couramment le cheval-heure effectif par 400 ou 450 grammes d'un charbon, que j'estimerai à 8.000 calories, pour ne pas faire la part trop belle au gazogène, qui exige un charbon de choix et exclut l'emploi de poussiers, pour assurer un fonctionnement sûr et une marche élastique. On a exagéré les pertes occasionnées par les charges réduites. D'autre part, on n'a pas tenu compte des récupérations de calories que l'on réalise en montant des chaudières sur l'échappement des moteurs : je sais des installations qui ont ainsi fourni 800 grammes de vapeur saturée sous 7 kg. de pression par cheval-heure, en créant une disponibilité supplémentaire et gratuite de près de 10 % de la puissance du moteur.

Ce qui précède s'applique surtout aux établissements de grandeur moyenne, mais le domaine du moteur à gaz est bien plus étendu; son rôle est beaucoup plus considérable en métallurgie, où il a sa place marquée à côté des fours à coke et des hauts fourneaux; il n'y redoute pas la concurrence des turbines à vapeur, tant que l'on n'aborde pas les unités de très grande puissance, de 4.000 kilowatts et plus. Cette question conduirait à des développements que le manque de place m'empêche de donner ici, mais dont l'extrême importance n'échappera pas à mes lecteurs.

Les ardents promoteurs des procédés de gazéification des combustibles, dont j'ai déjà exposé les vastes projets et les non moins vastes espérances, escomptent ces rendements des moteurs à gaz, riches et pauvres, avec trop d'optimisme peut-être, mais non sans fondement, et nous nous rangerions plus résolument parmi eux, s'ils savaient se borner et ne pas vouloir faire trop vite et trop grand.

Le moteur Diesel leur fournit, d'autre part, un de leurs plus solides arguments, avec ses rendements thermiques extraordinaires de 33,4, correspondant à une dépense de 190 gr. d'un combustible liquide possédant un pouvoir supérieur de 10.000 calories au kilog. : on a même obtenu en Suède un rendement de 36,8 % par 173 gr. de mazout américain. Mais il n'est pas besoin de faire état de semblables coefficients d'utilisation pour établir la possibilité d'énormes économies de calories à réaliser par les moteurs Diesel; l'exemple souvent cité, non démenti, de la station de Chelsea est caractéristique : l'emploi des machines à combustion interne a conduit à une consommation de 700 tonnes d'huile pour un service qui coûtait 6.000 tonnes de charbon brûlé sous des chaudières[1].

Il y a là une voie largement ouverte à des progrès considérables, dans laquelle la France s'est laissée devancer. Peu de temps avant sa fin tragique, Diesel exposait à l'*Association of Mechanical Engineers*, le 15 mars 1911, que les Allemands étaient en mesure de produire assez de combustibles liquides pour fournir 5 milliards de chevaux-heures, soit 1.750.000 chevaux pendant 300 journées de 10 heures; la production de l'Angleterre n'était pas moindre. En 1914, nous développions environ 60.000 chevaux par moteurs Diesel : l'Allemagne disposait de plus d'un million de chevaux, qu'elle alimentait surtout d'huiles de goudron, dont le prix se tenait

1. Je néglige ici de parti pris les prix de la calorie, qui réduisent les bénéfices à réaliser : voir sur ce point mon travail sur la crise de la machine à vapeur, déjà cité.

aux environs de 6 francs les 100 kg. : nous les payions au moins 8 francs et la qualité de nos produits était généralement inférieure à ceux que nous pouvions faire venir d'Outre-Rhin. Nos usines à gaz, nos fours à coke, nos appareils de traitement des tourbes et des lignites, nos gazogènes à récupération, les établissements où l'on travaille nos huiles de schiste, etc., doivent intensifier leur travail et perfectionner leurs procédés pour regagner l'avance qu'ont prise sur nous des pays, pourtant plus riches en houille que nous ne le sommes, qui auraient moins besoin que nous de suppléer à ce qui nous manque en matières combustibles. Le génie créateur, l'initiative éclairée et l'activité que les échecs ne rebutent pas, ces vertus de la vieille race française, ne sont-elles plus que de vains mots et des souvenirs d'un passé glorieux?

*
* *

L'électricité est une forme supérieure de l'énergie : elle se prête admirablement à des applications multiples et variées, en vertu même de la supériorité de sa forme ; elle se transporte au loin avec des pertes qu'on réduit à volonté en augmentant sa tension et la section de ses conduites, et se distribue partout en se répartissant suivant la demande. Une industrie nouvelle est née qui a pour objet de produire cette énergie et de la fournir aux industries qui l'utilisent en tous les points du territoire, se mettant à leur disposition de jour et de nuit comme un serviteur docile et fidèle, qui ne se refuse jamais au travail tant que celui-ci ne dépasse point ses forces.

Des réseaux serrés de canalisations couvrent de vastes régions industrielles, soit en rayonnant autour d'une centrale unique, entièrement consacrée à la génération du courant et construite dans ce but spécial, soit en englobant un certain nombre d'établissements, qui produisent de l'électricité pour leurs besoins particuliers, mais n'utilisent pas toutes leurs disponibilités respectives et sont à même d'en céder. Il se forme de la sorte d'importants groupements, qui mettent des kilowatts-heures à la disposition de ceux qui en demandent, jugeant plus intéressant d'en acheter que d'en fabriquer. De semblables réseaux s'étaient constitués partout avant la guerre, en Suède et Norvège, en Suisse, dans l'Italie du Nord, qui distribuaient surtout l'énergie de leurs chutes de montagnes; dans les contrées moins favorisées à cet égard, on avait construit des stations thermiques, dans le Durham et le Northumberland, dans le bassin Rhénan-Westphalien, dans les pays de la Sarre, de Liége, de Charleroi, etc. La France avait suivi le mouvement, en constituant les groupes du Nord et du Pas-de-Calais, de la Lorraine, de la banlieue parisienne, du Lyonnais, de la Loire, de la région des Alpes et des Pyrénées[1]. Les Américains de la grande république des Etats-Unis, coutumiers des entreprises hardies et des grandioses réalisations, avaient organisé les lignes des Grands Rapides, de Battle Creek, du Niagara, de Los Angeles, etc., et bien d'autres pour lesquelles ils avaient résolument adopté des tensions de 60.000, 100.000 et 150.000 volts, qui vont être portées à 180.000 volts. Leurs centrales de New-York, Chicago, Philadelphie, Détroit ont été décrites par M. Sosnowski au retour de sa mission ; elles méritent le nom de supercentrales, qui paraît avoir été créé pour elles, avec leurs capacités de 240.000 kilowatts, leurs unités électrogènes de 10.000, 20.000, 35.000 (on parle même de 50.000 kw.), leurs générateurs vaporisant 60.000 kg. d'eau à l'heure, et le reste à l'avenant. Des stations hydrauliques se marient avec les stations thermiques et leur apportent le concours de leurs turbines d'une puissance unitaire de 20.000 kw. et plus, qui collaborent avec les turbo-moteurs au même objectif commun, qui est de desservir une clientèle aux besoins divers.

Maintenant que la victoire des Alliés paraît avoir donné au monde des espérances durables de paix sous l'égide et l'œil vigilant de la Société des Nations, ces centrales et ces réseaux vont se développer, croître et se multiplier partout. De vastes projets ont été conçus en tous pays, et l'Allemagne elle-même, vaincue par les armes, mais dont la puissance industrielle n'est pas brisée, va relier ses ports de la Baltique aux stations hydro-électriques de la Bavière, de la Saxe et de la Suisse.

Mais ne nous occupons que de la France.

Pauvres, mais non dénués de houille noire, de tourbe et de lignite, voire même d'huiles combustibles provenant de sources diverses, largement pourvus de houilles blanche, verte et bleue nous avons le devoir de grouper nos stations de montagne, de plaine et de rivage, nos stations thermiques proprement dites, celles qui se sont constituées autour des mines de charbon, des tourbières, des fours à coke et des établissements sidérurgiques en un vaste réseau national, auquel l'Etat prêtera son concours en laissant une entière liberté à l'initiative des sociétés et

1. Ce sujet ne peut qu'être effleuré dans cette étude; pour de plus amples données, on se reportera avec fruit aux ouvrages suivants : COURTOT : Production économique de l'électricité dans les régions industrielles (Paris, Béranger, 1919); — BOILEAU : Production et vente de l'énergie électrique (Paris, Dunod et Pinat, 1919).

des particuliers, que stimulera suffisamment le soin de leurs intérêts. De grandes routes électriques seront ouvertes à travers le pays, sur le bord desquelles s'édifieront les usines les plus diverses. L'unification s'imposera, mais elle ne se bornera pas aux voltages et aux fréquences ; l'unité se réalisera dans les principes et les méthodes d'exploitation, sous la forme d'une « harmonie de puissances libres et autonomes » suivant la formule du grand Leibniz ; une fédération des producteurs formera une république où chacun gardera une personnalité indépendante, animée d'un double souci, le souci généreux du bien de la collectivité et celui non moins légitime de l'intérêt privé. Une association, implicitement constituée entre les producteurs de courant et ceux qui l'emploient, conduira à une amélioration dans l'utilisation des puissances génératrices, autant par la combinaison rationnelle des moyens d'action des uns que par la variété des besoins des autres, devenus leurs clients ; un facteur considérable interviendra, le temps, se traduisant par une élévation des coefficients de charge, de diversité et de puissance. Les génératrices travailleront à plein collier le plus d'heures possible sur les 24 de la journée, le plus de journées possible sur les 7 de la semaine, la septième étant consacrée plus spécialement aux industries qui ne connaissent pas le repos hebdomadaire ; au cours des saisons successives, les chutes d'eau au régime glaciaire prêteront leur concours ou recevront en retour celui des chutes au régime pluvial ; les périodes de plus grande action d'une industrie suppléeront à celles de moindre action d'une autre ; le chauffage et l'éclairage se succéderont, le premier recevant au besoin du courant dénaturé, c'est-à-dire interrompu par saccades, pour éviter les canalisations spéciales tout en permettant de lui appliquer un tarif réduit ; l'agriculture compensera ses travaux des champs de l'été par ceux de l'intérieur en hiver ; l'électrochimie enfin absorbera en tout temps les excédents éventuels de production momentanée pour ses fabrications de nitrates, de carbures, d'explosifs, de soie artificielle, de caoutchouc synthétique. En un mot, l'ancien concept du rendement s'élargira ; il ne se limitera plus à une considération étroite de rapport entre les valeurs instantanées de l'énergie potentielle disponible et de l'énergie actualisée sous la forme électrique d'abord et puis sous les autres ensuite. Ce qu'on mettra en parallèle, ce sera l'énergie engendrée et totalisée au cours d'une année entière dans les stations avec celle qui sera appliquée à des travaux utiles durant le même temps. Il en résultera nécessairement pour le pays une économie de charbon. Quelle sera-t-elle ? Nul ne saurait chiffrer les millions de tonnes que nous consommerons en moins annuellement, mais le bénéfice est certain ; il sera d'autant plus considérable qu'une technique plus éclairée et un esprit plus pratique auront présidé à l'organisation de cet harmonieux ensemble. Nous sommes à même de le réaliser dès demain. C'est à cela qu'il faut consacrer tous nos efforts.

On développera d'abord les puissances dont nous possédons surabondamment les éléments et qui ne demandent qu'à être recueillies, les puissances hydrauliques : elles sont doublement précieuses en ce temps de pénurie, où nos mines dévastées et inondées ne sont pas encore reconstituées, et où les bras se croisent ou se récusent, au lieu de travailler. Le soleil et la pesanteur ne font jamais grève. Durant la guerre, un grand pas a été fait dans cette voie : il faut en faire d'autres.

Notre sidérurgie française, grâce à la réannexion de la Lorraine, produira désormais 7 millions de tonnes de fontes et d'aciers annuellement[1] ; or, chaque tonne fournit 400 m³ de gaz à 950 calories ; sur un million de ces m³, 350.000 vont aux Cowper et 250.000 aux soufflantes ; le reste alimente des moteurs, dont les machines des aciéries absorbent une partie de la puissance, mais en laisseront une disponibilité considérable pour le réseau. L'Allemagne nous avait devancés sur ce point : prenons exemple sur ce qu'elle avait fait dans les pays qu'elle nous a restitués. Les établissements de Rombas distribuaient du courant par leur ligne de Sainte-Marie-au-Chêne, en vendaient à la Thyssen-Grube et desservaient la ville de Metz, pour lumière et énergie, à bas prix ; Hucknange, Fenetrange, Alsdorff, Hayange, Patural, Thionville, etc., étaient devenus de même des centres de production : toutes ces usines sont à notre service désormais. De grands exemples nous viennent aussi de nos alliés d'Amérique : la seule aciérie de l'Illinois Steel Company dispose de 250.000 kilowatts par moteurs à gaz de fourneaux : voilà les vraies centrales à gaz !

Nos fours à coke du Nord et du Pas-de-Calais reconstruits coopéreront d'autre part avec tous ceux du pays, et nous aurons encore des millions de mètres cubes d'un gaz relativement riche à utiliser directement en moteurs. L'éminent directeur des mines de Lens, M. Cuvelette, estimait en 1909, à deux millions de chevaux la puissance que représentent les fours à coke d'Europe[2] ; le contingent français peut être estimé

1. WITZ : Les ressources industrielles de l'Alsace-Lorraine ; *La Technique moderne*, mai 1919, page 235.

2. CUVELETTE : L'utilisation directe du gaz de four à coke dans les moteurs à gaz ; *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils*, février 1909.

aujourd'hui à plusieurs centaines de mille chevaux, dont la moitié pourra aller au réseau national.

Les stations thermiques spécialisées formeront l'élément élastique de ce consortium des fabricants d'électricité, associés pour desservir les besoins du pays; elles en prendront la direction et assumeront la mission de maintenir toujours l'équilibre entre l'offre et la demande, en suppléant aux déficits d'une part et en intervenant d'autre part aux heures de pointe. Elles seront spécialement organisées à cet effet, et disposeront des unités nécessaires pour les faire travailler toujours à pleine charge, de manière à leur assurer un bon rendement; on cherchera avant tout à les installer sur le carreau des mines, ou du moins sur des voies ferrées et des canaux y aboutissant directement. C'est ainsi qu'on réussira à employer avantageusement des combustibles de valeur moindre, produits délaissés et déchets, ne supportant pas les charges d'un transport : on prendra pour types les mines-usines, si heureusement réalisées en Westphalie et dans la région rhénane. Ces centrales devront être puissantes, afin de réduire le prix du kilowatt installé, lequel diminue sensiblement avec l'importance des établissements; pour un équipement en vapeur, on estime qu'en passant de 3.000 à 30.000 kilowatts, on divise par 2 l'ensemble des frais de construction par unité [1]. Il faudra rompre avec une tendance qui tendait à prévaloir autrefois, alors qu'on s'efforçait de réduire au minimum le capital investi, au risque de dépenser plus de combustible. On raisonnait mal, attendu que le coût du charbon brûlé a toujours dépassé l'ensemble des frais généraux, intérêt et amortissement des capitaux y compris; c'était vrai avant la guerre, ce l'est bien plus aujourd'hui, où la charge provenant du combustible prime toutes les autres, dans une proportion chaque jour grandissante, et où notre premier souci doit être de consommer le moins de combustible posssible.

L'idéal d'une centrale thermique doit donc être d'utiliser le combustible dans les conditions de la plus stricte économie, tout en s'assurant une grande sécurité et une extrême souplesse de fonctionnement. Ce principe posé, quel est le véhicule du calorique auquel il conviendra de donner la préférence. Emploiera-t-on les moteurs à vapeur, à gaz ou bien à huiles lourdes?

C'est ici que devrait, semble-t-il, le mieux trouver sa place le procédé dont M. Métivier nous a présenté le séduisant programme, dans cette industrie spéciale ayant « l'indépendance thermique nationale comme but et la carbonisation de la houille comme moyen »; je l'ai déjà étudié ci-dessus. L'argument principal de la thèse repose sur le rendement prééminent des moteurs à gaz et des moteurs Diesel. On créérait sur une échelle inusitée jusqu'ici, dans le style le plus moderne, et par suite le plus parfait, d'immenses usines à gaz, dotées des meilleurs appareils de distillation de la houille, de récupération des sous-produits et de gazéification du coke, et l'on y adjoindrait les machines thermiques les plus remarquables par la manière dont elles transforment en énergie mécanique et électrique l'énergie calorifique des gaz, des essences et des huiles combustibles tirés du charbon; on constituerait donc de colossales cokeries, desquelles il ne sortirait pas de coke, mais uniquement des kilowatts-heures destinés au réseau national. Le résultat final serait de nous faire gagner plus de 32 %, a-t-on dit, sur notre consommation annuelle de houille : dans une étude très nourrie, que j'ai déjà signalée, M. Joulot établit même la possibilité d'une économie de 37 %, avec un bénéfice supplémentaire apporté par la vente de certains sous-produits, s'élevant à 25 % des capitaux engagés dans l'entreprise. Pour achever de convaincre ceux pour lesquels les devis et bilans de ce genre n'ont pas toute l'éloquence que d'autres leur prêtent, cet ingénieur cite l'exemple vécu de la Société des Houillères de Montrambert, qui a monté une installation développant 550 kilowatts : il termine en formant le vœu de voir cet exemple suivi.

Nous nous associons entièrement à ce vœu.

Ce qui a été fait à Montrambert avait du reste été déjà réalisé, avant la guerre, par la Société des mines de Lens, à la station de Vendin-le-Vieil, où deux batteries de 70 fours à coke, du système Kofpers, alimentaient trois moteurs à gaz d'une puissance individuelle de 1.200 chevaux effectifs ; l'installation était destinée à être doublée. Au témoignage de M. Cuvelette, les résultats obtenus avaient été pleinement satisfaisants ; le kilowatt-heure était ressorti au même prix par les moteurs à gaz que par des turbomoteurs à vapeur, mais on avait produit une puissance double avec la même quantité de gaz : cette seule considération constitue un argument de grande valeur en faveur de l'emploi des moteurs à gaz. Il convient toutefois de ne pas s'arrêter à ce premier résultat et d'étudier plus complètement cette station de Vendin-le-Vieil. Les moteurs à gaz y étaient constamment maintenus à pleine charge, et ils ne se trouvaient exposés ni

1. Dans ces appréciations, il n'est évidemment tenu aucun compte des lignes et de leur prix; il ne s'agit que du k. w. h. débité aux bornes de l'usine.

à des surcharges, ni à des décharges auxquelles ils ne se prêtent pas bien, grâce à l'adjonction de machines à vapeur qui fournissaient les suppléments de puissance nécessités régulièrement ou par à-coups ; la rigidité du fonctionnement des machines à gaz était donc corrigée par l'élasticité des machines à vapeur, qui assumaient les variations imposées par les exigences du service. Cette station se présente par suite à nous comme une station de cokerie mixte, à gaz et à vapeur, fonctionnant en fabrique de coke, de benzols, d'huiles de goudron, etc. Le coke n'y est pas gazéifié, il est employé ou vendu en nature, avec les autres sous-produits. Cette station, comme celle de Montrambert, constitue un type, on pourrait dire un modèle, qu'il y aurait intérêt à copier et à reproduire, car on trouvera toujours un bénéfice à combiner ainsi les appareils à vapeur et à gaz : rien de plus rationnel, ni de plus élégant; avec des foyers à brûleurs à gaz bien conditionnés et bien conduits, à brûleurs sans flamme, du système Bone, à brûleurs à pétrole et huile de goudrons, appliqués aux chaudières à avant-foyer qui leur conviennent (telles que les chaudières Kestner), on réalise de remarquables rendements de vaporisation et l'on recueille conséquemment les avantages de la vapeur en même temps que ceux des gaz. On ne devait disposer à Vendin encore que de 7.200 chevaux, mais rien n'empêchera de monter à une puissance double ou triple et d'organiser une usine remarquable, qu'on branchera comme auxiliaire sur le réseau général, auquel elle passera ses excédents.

Mais les projets que l'on a conçus sont d'une plus vaste envergure. Il s'agirait de transformer toute l'énergie potentielle du charbon en énergie électrique et de n'en sortir que des kilowatts : les hauts rendements des moteurs alimentés de gaz de distillation de fours, de gaz de gazéification de gazogène, et de combustibles liquides, brûlant en combustion interne, sont la justification du procédé que l'on se propose d'appliquer en grand, et duquel on attend des résultats remarquables.

Les immenses stations ainsi constituées posséderont-elles la sécurité et la souplesse de fonctionnement sur lesquelles on doit pouvoir compter, pour l'alimentation du réseau national ? Ces stations, nécessairement composées d'unités, dont la puissance ne pourra guère dépasser 3.000 kilowatts, présentant donc un grand encombrement, exigeant une épuration parfaite du gaz, offrant d'indéniables difficultés de mise en parallèle, ne rendant le maximum qu'à pleine charge, ne tolérant pas aisément les surcharges, devront-elles être préférées aux grandes stations à turbo-moteurs ?

L'avenir le dira ; nous lui laissons la parole.

***

Le réseau national procurera à de nombreuses industries, répandues en tous les points du territoire, des facilités de vivre, sinon des bénéfices substantiels, qui lui assureront une vaste clientèle, et conduiront à des transformations considérables de certains services.

Parmi ces transformations, l'électrification des voies ferrées figure au premier plan : mise à l'ordre du jour des applications de l'électricité depuis de longues années déjà, essayée non sans succès en Suisse, en Italie, en Suède, en Amérique, et, en France, sur des sections de banlieue, sur des lignes départementales (en Haute-Vienne notamment), et sur quelques tronçons de la Compagnie du Midi, elle n'a encore été étendue nulle part à toute une grande ligne, et il semble qu'elle ne soit pas encore sortie de la période préliminaire des études et des tâtonnements. Mais elle ne tardera pas à prendre son essor, car elle conduira à une économie certaine et réelle de combustible.

Admirable engin de traction, la locomotive à vapeur est en effet restée médiocre au point de vue spécial du rendement thermique, lequel ne dépasse guère 8 à 10 % ; le compoundage et la surchauffe ne l'ont amélioré que légèrement, malgré tous les efforts des ingénieurs les plus éminents.

Or, la locomotive électrique peut rendre de 20 à 22 %, et elle garde un avantage sensible, tout compte fait des pertes par transmission et par transformation. Elle convient surtout aux lignes à grand trafic et à fortes déclivités ; elle leur donne le maximum de capacité. Elle pèse un tiers de moins que la locomotive à vapeur. Celle-ci consommait au moins 2 kg. 250 de charbon par cheval-heure effectif mesuré au crochet d'attelage et elle ne s'accommodait que de combustibles de choix ; l'appareil électrique, empruntant son courant à un réseau, alimenté en partie par des stations hydro-électriques, coûtera bien moins cher de charbon au pays, à égalité de travail fourni, et il contribuera à une réduction notable de la consommation totale de nos chemins de fer, qui dépassait 10 millions de tonnes en 1913.

Adoptant les conclusions du rapport que M. Mauduit lui a présenté au retour de son voyage d'étude, la Commission technique pour l'électrification a adopté le système du courant continu à 2.400 volts ; il serait appliqué sur 8.839 kilomètres

de lignes, dont 8.501 sont actuellement en exploitation, sur le versant des Alpes et des Pyrénées, sur le Massif Central et à la traversée des Vosges. On a estimé à première vue la réduction de consommation de charbon, qui résultera de cette transformation, à près de 4 millions de tonnes par an, ce qui n'est pas exagéré ; sur une petite ligne de 43 kilomètres, desservie par les centrales de Soulom et d'Eget, la Compagnie du Midi relevait une économie de 7 tonnes par jour par moteur à collecteurs monophasés, recevant du courant à basse fréquence, abaissé à 12.000 volts en sous-station; mais on fera beaucoup mieux. La dépense prévue par la Commission atteindrait, il est vrai, 1.675 millions, aux prix d'avant guerre, tout compris, locomotives, lignes de contact et usines: mais elle incomberait en partie à l'établissement du réseau national.

L'électrochimie, qui permettra d'améliorer le coefficient d'utilisation du réseau, par le travail de nuit, sera un autre client important de la distribution du courant.

La préparation industrielle des corps par réaction électrochimique présente des avantages sur les réactions dans lesquelles interviennent les affinités développées par la chaleur; la mise en œuvre des matières devient plus souple, les déchets diminuent et les rendements croissent en proportion directe.

La production française des carbures, des produits nitreux et chlorés et autres était déjà importante, en 1913; les besoins de la lutte l'ont développée, car il fallut de la cyanamide calcique pour obtenir le nitrate d'ammonium, base des explosifs; on eut besoin de chlorates, pour fabriquer la cheddite, le chlore gazeux, et les gaz de guerre.

De plus, on demandait de l'aluminium, du ferro-silicium, du ferro-molybdène, du ferro-manganèse, de la fonte synthétique, des aciers électriques, etc. Toutes ces fabrications, urgentes alors que la France défendait son existence, seront continuées et développées dans les œuvres de la paix : le concours de l'électricité continuera de leur être nécessaire, et il permettra des économies de combustibles de choix.

Le rôle de l'électricité s'accroît du reste chaque jour. Les moulages d'aciers électriques suppriment les recuits en fours. Les hauts fourneaux eux-mêmes bénéficieraient du concours de l'électricité, s'il est permis d'en croire certaines expériences heureuses poursuivies en Suède et en Amérique, d'après lesquelles la consommation du coke se bornerait à ce qui est strictement nécessaire pour les phénomènes de réduction.

Les industries privées de toute nature s'abonneront aux services de distribution et les moindres d'entre elles y trouveront le plus souvent bénéfice. Pour celles qui sont d'une plus grande importance chaque situation devra être étudiée avec soin et sans parti pris, car il y a autant de solutions qu'il se présente de cas particuliers. Il est impossible de donner une formule générale, convenant à la complexité des problèmes qui se présentent. Qu'on me permette de faire remarquer seulement que l'on pose mal la question, en se demandant s'il vaut mieux produire qu'acheter l'énergie électrique : il faut avant tout examiner si l'on en a besoin. L'énergie électrique n'est qu'un intermédiaire entre l'énergie calorifique et l'énergie mécanique, quand il s'agit de puissance motrice seule ; or, tous les intermédiaires font payer leurs services ; il faut donc s'en passer, si on le peut. Cet intermédiaire s'impose en particulier lorsque le prix de transport du charbon, source de l'énergie calorifique, dépasse considérablement le prix du transport de l'énergie électrique. Il s'impose encore lorsqu'il y a disproportion considérable entre le rendement des installations dont on dispose et celles que réalisent les grandes centrales. Un élément financier intervient d'ailleurs dans la question, celui du prix de vente du kilowatt-heure ; ce prix est fonction du prix du charbon, et on le majore d'habitude de 2 millimes par franc d'augmentation du prix de la tonne; cette augmentation supposerait par conséquent une consommation de 2 kg. de charbon par kilowatt-heure. L'évaluation n'est pas flatteuse pour le producteur et onéreuse pour l'acheteur; l'extension des stations hydro-électriques la modifiera sans doute.

Mais il faut me borner à ces considérations, car le sujet est inépuisable.

Je n'ai pu envisager dans cette étude que les questions qui m'ont paru essentielles. Puisse-t-elle contribuer à réaliser quelque économie du combustible : c'est l'intérêt de chacun de nous, mais c'est plus encore l'intérêt de l'industrie française, qui est inséparable de l'intérêt de la patrie.

Aimé Witz,
Correspondant de l'Institut.

LE COMBUSTIBLE COLLOÏDAL

Au cours de la guerre, les quantités d'huile de chauffage consommées par les flottes alliées allant journellement en augmentant, alors que les possibilités d'approvisionnement diminuaient continuellement, l'on chercha à combler ce déficit en réduisant la consommation. M. Lindon W. Bates, sous les auspices du Comité américain de défense contre les sous-marins, entreprit des recherches en vue de trouver un combustible liquide, formé d'huile et de charbon, dans lequel le charbon resterait indéfiniment en suspension, ce mélange constituant un combustible colloïdal.

La plupart des huiles sont utilisables sans aucune préparation pour le mélange au charbon en vue de l'obtention d'un combustible colloïdal: les huiles de goudron, les huiles de distillation de pétrole ont donné d'excellents résultats. Parmi les propriétés des huiles, celle qui a le plus d'importance est la viscosité, ou plus exactement le rapport viscosité-température.

De même, presque toutes les variétés de charbon sont utilisables pour la préparation du combustible colloïdal; le coke peut également être employé. Le seul point important est celui du pouvoir calorifique du combustible, pour lequel intervient d'ailleurs la teneur en cendres.

Le charbon à mettre en suspension dans l'huile doit être pulvérisé aussi finement que possible. Cette question de la pulvérisation a été très étudiée au cours de ces dernières années: il est très facile d'obtenir un combustible solide à un état de finesse telle que 90 % passe à travers un tamis de 100 mailles; toutefois le combustible doit être séché de façon à ce que sa teneur en eau ne dépasse pas 1 %.

La stabilité du maintien en suspension du charbon dans l'huile représente la question la plus importante de la préparation du combustible colloïdal. L'expérience a toujours indiqué, pour une finesse donnée du combustible, des vitesses de dépôt nettement inférieures à celles déterminées par le calcul. Cela tient d'une part à ce que dans les calculs on admet que les particules solides sont sphériques, alors qu'en réalité beaucoup sont ou plates ou pointues, et d'autre part à l'absorption, par les particules, de composants de l'huile qui exercent une action colloïdale protectrice.

Il n'existe à l'heure actuelle que quatre moyens connus pour augmenter la stabilité d'un mélange d'huile et de charbon. L'un consiste à broyer le charbon à un état de finesse tel qu'il se produise une combinaison d'adsorption entre le charbon et les particules d'huile : le mélange ainsi obtenu est réellement colloïdal. Un autre procédé consiste à épaissir l'huile de façon à diminuer la vitesse de dépôt de la poudre de charbon. Un troisième moyen consiste à introduire dans le mélange des particules légères qui agissent comme noyaux de floconnement. Ces trois procédés ne sont pas applicables pratiquement. Il y a enfin un quatrième procédé : c'est d'ajouter au mélange un « fixateur » produisant un fluide colloïdal jouissant de propriétés appropriées et grâce auquel le charbon reste très longtemps en suspension. Malheureusement, pour des raisons d'ordre militaire, la composition de ce « fixateur » n'a pas été divulguée. Les quantités de ce produit qu'il est nécessaire d'ajouter sont très faibles : 1 % du mélange.

L'addition de charbon augmente très sensiblement la viscosité de l'huile. Cette influence est beaucoup moins sensible à 75° C. qu'à la température ordinaire. Chauffé à 100° C., le mélange mousse très fortement; cela tient en grande partie à l'eau contenue dans le charbon.

En ce qui concerne le pouvoir calorifique des mélanges, le tableau ci-dessous indique la façon dont influe l'addition de divers charbons pulvérisés ajoutés dans la proportion de 26,4 % de charbon maigre et de 19,7 % de charbon gras.

	Calories	Densité	Calories par unité de volume
Huile	10.178	0,9	9.159
Huile et charbon gras	9.509	0,968	9.280
Huile et charbon maigre	9.100	0,995	9.055

Ces mélanges restaient suffisamment homogènes pendant un temps assez long. On pouvait les brûler au moyen de pulvérisateurs du modèle couramment employé pour brûler les huiles et cela sans qu'il soit nécessaire d'y apporter des modifications.

Le combustible colloïdal reste liquide jusqu'à une proportion de 40 % en poids de charbon dans 59 % d'huile. Si l'on augmente la quantité de charbon, le mélange devient de plus en plus épais; toutefois, il ne cesse de pouvoir être pompé et pulvérisé que pour une teneur de 65 % de charbon. A partir de 50 %, l'on obtient une espèce de gelée qui, sous pression, est envoyée facilement aux brûleurs pulvérisateurs.

***

Des essais en grand furent entrepris en vue de fournir de ce combustible un navire de guerre américain chauffé habituellement au moyen d'huiles. Les quantités de combustible colloïdal emmagasinées varièrent de 11 à 15 mètres cubes. Les chaudières étaient du type Normand. L'huile employée était une huile ordinaire de chauffage de la « Texas Oil C° », conforme aux spécifications de l'Amirauté pour ce genre d'huiles. Quant au charbon, c'était un charbon de Pocahontas dont le broyage était tel que 99,7 °/₀ passait au tamis de 100 mailles, 98 °/₀ au tamis de 200 et 85 °/₀ au tamis de 300. Le navire était muni de brûleurs Schutte et Koerting. Les seules modifications apportées à l'installation furent les suivantes : *a*) installation d'un tuyau supplémentaire de 50 mm. partant du fond du réservoir à combustible et allant à la pompe d'aspiration, et ce sur une distance d'environ 10 m. 70 ; *b*) une voûte de combustion à retour de flammes fut placée à l'arrière du foyer de la chaudière. Pour la pulvérisation, l'on opéra exactement comme pour le chauffage avec l'huile. A 65° C. et sous une pression de 10 kg., la pulvérisation du combustible colloïdal marche aussi bien que pour le chauffage avec l'huile ordinaire.

Avec les mêmes brûleurs, le combustible colloïdal fournit à peu près la même quantité de vapeur que l'huile ordinaire. Quant à la consommation de calories par cheval-vapeur effectif, elle est également à peu près la même. Le combustible colloïdal brûle pratiquement sans fumée.

Comme la viscosité du mélange est supérieure à basse température à celle de l'huile ordinaire, il fut nécessaire d'utiliser une aspiration de section double de celle qui suffisait pour l'huile ; par contre, le refoulement ne subit aucun changement.

Les orifices des brûleurs doivent s'user plus rapidement avec le combustible colloïdal qu'avec l'huile ordinaire ; cependant, au cours des trois mois qu'ont duré les essais, aucun inconvénient ne s'est manifesté de ce fait.

Après un séjour de trois mois à la température ordinaire, le combustible colloïdal ne donna qu'un très faible dépôt, qui, à la moindre agitation, se mettait facilement en suspension dans le liquide. Dans les tuyauteries l'on n'a constaté aucun dépôt. Cependant, dans les têtes de brûleur, il s'en produisit au cours d'arrêts supérieurs à 2 ou 3 minutes. Pour y remédier, il suffit d'injecter de la vapeur dans les brûleurs à chaque arrêt.

Le résultat de ces essais a montré que l'emploi de combustible colloïdal sur les navires permettait de réaliser une économie d'huile de 31 °/₀ ; mais comme, ramenée au kilogramme, la valeur calorifique du combustible colloïdal est inférieure à celle de l'huile, il faut un excédent d'environ 10 °/₀ en poids pour obtenir une valeur calorifique égale. Cela ramène l'économie d'huile à 27 °/₀. Le combustible colloïdal a environ 2 °/₀ de volume de moins, pour un nombre égal de calories, que l'huile qui a servi à sa préparation.

D'une façon générale, le combustible colloïdal peut être utilisé dans tous les cas où il s'agit de produire de la vapeur. C'est ainsi que des essais effectués sur des locomotives, aux Indes, donnèrent des résultats favorables excessivement intéressants.

***

En somme, le combustible colloïdal, outre les avantages inhérents au chauffage par les huiles lourdes, présente les avantages suivants : comparé aux charbons brûlés sur grille, le rendement est fortement amélioré. La raison en est due principalement au faible excès d'air nécessaire pour la combustion et au fait qu'il n'y a pas de perte de combustible dans les cendres. La conduite des feux est excessivement souple. Ce procédé permet d'utiliser des combustibles de qualité très inférieure. Les frais de main-d'œuvre pour la chauffe sont réduits dans de très sensibles proportions.

Un avantage du combustible colloïdal, c'est qu'à partir d'une certaine teneur en charbon dans le mélange, il peut être conservé sous l'eau, ce qui permet de réduire au minimum les chances d'incendie et de combattre plus facilement le feu en cas de sinistre.

Le combustible colloïdal, à en juger par des renseignements que nous avons extraits de diverses brochures publiées par la « Submarine Defense Association », ne nous paraît pas réaliser un perfectionnement très important. Il constitue une solution intermédiaire entre le chauffage aux huiles lourdes et le chauffage au moyen de charbon pulvérisé, sans présenter d'avantages bien marqués sur chacun de ces deux systèmes qui, eux, on fait leurs preuves. Nous ignorons si les essais doivent être continués ; il faudrait d'autres résultats, plus probants, pour pouvoir juger de l'avenir du « combustible colloïdal ».

M. Desmarets.

REVUE DE MYCOLOGIE

PREMIÈRE PARTIE : MYCOLOGIE PURE

Si l'on mesurait les progrès d'une branche de la Botanique au nombre des espèces ajoutées à la liste des plantes connues, on accorderait déjà que la Mycologie ne demeure pas stationnaire. Mais une science biologique se perfectionne surtout par l'étude approfondie de la structure; la systématique elle-même gagne à s'appuyer sur des détails de plus en plus précis. A cet égard encore, la période récente n'a rien à envier aux précédentes.

Les lecteurs de cette *Revue* [1] ont été tenus au courant des résultats retentissants fournis par l'étude du noyau et des autres éléments cellulaires. Si l'impulsion n'est pas arrêtée, les derniers travaux ne font guère que confirmer, compléter, préciser ou rectifier des découvertes antérieures. Le chapitre I, consacré à la Cytologie, sera bref; il comprendra : A) la cytologie des Basidiomycètes, B) les relations entre l'évolution nucléaire et la sexualité.

Le réveil de l'anatomie justifie l'étendue insolite du chapitre II, où l'on examine successivement : A) les Basidiomycètes, B) les Ascomycètes. Si nous possédions de bons documents, déjà vieux, sur la texture des réceptacles, sur la structure des asques et des basides, sur la répartition de l'hyménium, des systèmes sécréteurs ou protecteurs, on n'entrevoyait pas de comparaison sérieuse entre le thalle à différenciation capricieuse et le corps vasculaire dont les systèmes anatomiques ont une différenciation précoce et tranchée révélée par l'organogénie ; la séduction de l'histologie avait captivé l'attention des chercheurs ; il restait une lacune entre les descriptions superficielles et l'analyse des détails ultimes. L'anatomie pure vient la combler.

La Flore mycologique occupera le chapitre III, terminant la Mycologie pure.

I. — CYTOLOGIE

A. — Cytologie des Basidiomycètes

La cytologie de la baside avait semblé d'abord opposer les Urédinées aux Basidiomycètes. Le fuseau de division de la baside est transversal chez les Agaricacées observées par Wager en 1893 et 1894, longitudinal chez les Urédinées étudiées par Poirault et Raciborski en 1895, par Sappin-Trouffy en 1896. M. Juel en 1898 attache une haute signification systématique à cette différence ; il partage les Basidiomycètes en **Chiastobasidiées** et **Stichobasidiées** selon que le fuseau est transversal ou longitudinal. Il découvre en même temps que les Champignons trémelloïdes se répartissent entre les deux types, les *Auricularia* et les *Dacryomyces* étant stichobasidiés comme les *Coleosporium*, les *Exidia* et les *Tulasnella*, y compris les *Muciporus*, qu'il en détachait alors, mais qu'il leur réunit à présent [1], étant chiastobasidiés. La cytologie amenait ainsi M. Juel à éloigner les Trémellinées des Auricularinées.

Les mêmes raisons déterminent M. R. Maire en 1902 à placer au-dessous des Agaricinées et des Polyporinées les Cantharellinées, nouvel ordre réunissant des Stichobasidiées extraites de diverses familles d'Hyménomycètes. Cet ordre est constitué de trois familles provenant du démembrement des Théléphoracées, des Clavariées et des Hydnées débarrassées des genres chiastobasidiés, des Cantharellées dont les espèces à fuseau transversal sont renvoyées aux genres *Dictyolus* et *Clitocybe*.

L'orientation du fuseau n'est pas uniforme chez les Bolets. M. Levine [2] observe chez les *Boletus chrysenteron*, *badius*, *alutarius*, *albellus*, des cas où le fuseau fait un angle de 70° au moins avec le plan transversal. Au reste, les basides de tous les Bolets examinés sont le siège des phénomènes nucléaires connus chez les Agaricacées. Chez les Bolets comme chez les autres Basidiomycètes, y compris les Urédinées, les noyaux du réceptacle sont associés en paires synergiques ; ces noyaux conjugués ont fait leur apparition en des points indéterminés du mycélium.

La direction du fuseau n'est pas constamment longitudinale dans l'ordre des Cantharellinées de Maire, d'après les nouvelles recherches de M. Juel [3]. Le savant scandinave est tout disposé à accorder une valeur générique à l'orientation des fuseaux; il n'y parvient qu'en démembrant l'un après l'autre les genres réunis dans les Cantharellinées. Il veut bien exclure du genre *Cantharellus* le *C. umbonatus*, du genre *Craterellus* 2 espèces sur 4, du genre *Clavaria* 10 espèces sur 15, parce qu'elles ont le fuseau transversal. Cette concession ne suffit pas pour démontrer

1. *Rev. gén. Sc.*, 31 juillet 1917.

1. *Arkiv för Botanik*, Stockholm, t. XIV ; 1914.
2. *Bull. Torrey Bot. Club*, t. XL ; 1913.
3. *Nova Acta R. Soc. scientiarum Upsaliensis*, [4], t. IV ; 1916.

que les Clavaires stichobasidiées sont plus proches parentes des Chanterelles que de la majorité chiastobasidiée des Clavaires. M. Juel est d'accord avec M. Maire pour admettre la supériorité du type des Chiastobasidiées; mais il estime que ce progrès s'est réalisé à divers niveaux de la série des Basidiomycètes; c'est une similitude par convergence, comme celle des *Hydnum* et des *Tremellodon*.

Il peut paraître singulier de comparer l'orientation du fuseau à une adaptation convergente, parce qu'on se figure que les phénomènes nucléaires, dont l'observation exige une technique délicate, sont soustraits aux influences extérieures qui se manifestent dans la configuration des cellules. M. Juel a reconnu l'importance, que je signalais depuis longtemps, du rapport entre la direction du fuseau et la forme de la baside. Chez les Stichobasidiées, la baside est un cylindre allongé, mais à peine gonflé à la maturité; le noyau siège vers le milieu; le nombre des stérigmates s'abaisse de 6 ou 8 jusqu'à 2. Chez les Chiastobasidiées, les basides peu allongées sont renflées au sommet et le noyau occupe l'ampoule terminale; le nombre des stérigmates est le plus souvent fixé à 4. Une troisième mitose est fréquente, soit dans la baside, soit dans la spore des Stichobasidiées; elle est exceptionnelle chez les Chiastobasidiées.

La cytologie, dont l'irruption soudaine semblait prête à briser tous les cadres de la systématique, classes, familles, genres, est peu à peu confrontée avec les données fournies par les vieux procédés microscopiques et macroscopiques; elle leur apporte un précieux complément en montrant que les fuseaux longitudinaux deviennent de plus en plus rares à mesure qu'on s'élève dans la série.

B. — Relations entre l'évolution nucléaire et la sexualité

Les noyaux qui se fusionnent dans la baside ou l'asque sont, comme on sait, associés antérieurement en paires synergiques ou dicaryons. L'apparition des dicaryons se réalise à diverses époques du développement. M. Welsford[1] constate des noyaux rapprochés par paires dans le mycélium du *Botrytis cinerea* et du *Sclerotinia Libertiana*; il y voit un simple effet d'une croissance vigoureuse sans rapport avec la sexualité. On admet plus généralement que les dicaryons sont le premier indice d'un rapprochement sexuel. Cette opinion s'appuie surtout sur le développement des écidies. Elle tire une nouvelle force des découvertes de Mlle Bensaude[2] sur un Coprin. Une spore isolée donne des filaments toujours dépourvus de dicaryons et stériles, quelle que soit la vigueur de la végétation. Si l'on mélange des thalles issus de plusieurs spores, le résultat est tantôt le même, tantôt tout différent. Dans ce dernier cas, les filaments provenant de spores distinctes s'anastomosent; bientôt on aperçoit des dicaryons; puis les réceptacles se forment et mûrissent. Mlle Bensaude conclut que les thalles, quoique morphologiquement semblables, diffèrent biologiquement comme les Mucorinées hétérothalliques de Blakeslee. Les thalles de même sexe (+) se repoussent ainsi que les thalles de même sexe (—); les thalles de noms contraires s'attirent, s'unissent, échangent leurs noyaux, formant les dicaryons dont les derniers se fusionneront dans la baside. Chez d'autres Basidiomycètes, M. Kniep[1] confirme que la dicaryophase est contemporaine de l'apparition des boucles mycéliennes.

Poursuivant ses recherches sur un Ascomycète, le *Venturia inæqualis*, M. Killian[2] aperçoit des dicaryons dans l'anthéridie avant sa mise en rapport avec le trichogyne. Chez le *Melanospora Mangini* découvert et décrit par M. Vincens[3], les cellules du tissu ascogène sont encore uninucléées; on a vu le passage d'un noyau d'une cellule dans la voisine à travers la paroi résorbée.

Chez les Ustilaginées étudiées par M. Paravicini[4], les dicaryons apparaissent grâce à la copulation de deux rameaux avec la pénétration d'un noyau d'un rameau dans l'autre. Sauf chez l'*Ustilago Maydis* où, d'après Rawitscher, la copulation précède immédiatement la formation de la spore charbonneuse, ce phénomène est précoce et le stade haploïde est court; la forme parasite est toujours binucléée. Chez les Tillétinées, la copulation s'effectue, soit déjà dans le promycélium, soit entre les sporidies qui en tout cas renferment deux noyaux.

L'évolution nucléaire des Urédinées est moins uniforme qu'on ne le croyait d'abord. Nous avons signalé jadis dans cette *Revue*[5] une curieuse découverte d'Hoffmann concernant l'*Endophyllum Sempervivi*. L'écidiospore s'y comporte comme une téleutospore, car elle germe en émettant un promycélium après avoir fusionné ses deux noyaux. M. L. O. Kunkel[6] décrit le même

1. *Ann. Bot.*, t. XXX; 1916.
2. *C. R. Acad. Sc.*, 20 août 1917.

1. *Zeitschr. Bot.*, t. IX; 1917.
2. *Zeitschr. Bot.*, t. IX; 1917.
3. *C. R. Acad. Sc.*, 13 nov. 1916.
4. *Ann. mycol.*, t. XV; 1917.
5. *Revue gén. Sc.*, 15 mars 1913, p. 194; — 31 juillet 1917, p. 435.
6. *Bull. Torrey bot. Club*, t. XL; 1913. — *Amer. Journ. Bot.*, t. I; 1914.

phénomène chez le *Cæoma nitens*. M. et Mme F. Moreau[1] confirment les observations d'Hoffmann.

Exposant l'ensemble de nos connaissances sur le groupe *Endophyllum*[2], ils y font rentrer le *Cæoma nitens*, estimant que le nom d'*Endophyllum* ne désigne pas un genre, une unité systématique, mais un type de développement caractérisé par la germination des écidiospores en promycélium. Cette condition n'est constamment remplie par aucune espèce.

Nommant *haplophase* la période où les noyaux haploïdes sont indépendants, *dicaryophase* celle où ils sont associés par paires, *diplophase* celle où le noyau est diploïde, les auteurs reconnaissent les trois phases chez l'*E. Sempervivi*, qui diffère seulement du type classique par la fusion nucléaire transférée à l'écidiospore. La diplophase manque à une variété de l'*E.*, *Euphorbiæ silvaticæ*, à laquelle ils avaient consacré une note spéciale[3]. La dicaryophase se raccourcit chez l'*E. Valerianæ-tuberosæ;* elle disparaît à son tour chez l'*E. Centranthi-rubri* d'après M. Poirault[4] et dans la var. *uninucleatum* de l'*E. Euphorbiæ-silvaticæ*.

La dicaryophase, qui est, à notre avis, le premier acte de la diplophase, est seule observée par M. Kursanow[5] dans certaines plantes envahies par l'*Uromyces Scrophulariæ* ou par l'*U. Behenis*. Le parasite n'y forme pas de spermogonies, mais seulement des écidies et des téleutospores. Il s'agit alors d'un développement secondaire.

En semant sur les mêmes hôtes les sporidies issues des téleutospores, M. Kursanow obtient le développement primaire débutant par l'haplophase. Il se forme successivement des spermogonies, des écidies et des téleutospores. Les spermogonies, vestiges des organes mâles déchus de leur fonction sexuelle, appartiennent à l'haplophase; les premières écidies naissent aussi du mycélium à noyaux haploïdes indépendants; les dicaryons y font leur apparition par l'union de deux cellules, dont l'une déverse son contenu dans l'autre à travers la cloison mitoyenne résorbée. L'endogamie substituée à l'exogamie à la base de l'écidie se réalise sans doute aussi dans le mycélium, car chez les mêmes hôtes de nouvelles écidies, puis des téleutospores, apparaissent sur des filaments appartenant à la dicaryophase.

La même alimentation ne convient pas aux deux sexes du *Phycomyces nitens* hétérothallique. Dans les milieux maltosés ou dextrinés, les sporocystes abondent sur les thalles (+) et font défaut sur les thalles (—). M. P. Lindner[1] avait cru qu'à la longue ces derniers s'accoutumaient à cette nourriture et formaient aussi des sporocystes. Il reconnaît que cette opinion reposait sur une erreur d'étiquette.

M. et Mme Moreau[2] décrivent des exemples d'hétérogamie chez une autre Mucorinée, le *Sporodinia grandis*.

L'hétérothallisme se retrouve chez les Myxomycètes. Les myxamibes du *Didymium nigripes* étudié par M. Skupienski[3], morphologiquement semblables, s'attirent entre elles ; si elles sont de même sexe, elles s'écartent au premier contact; si elles sont de signes contraires, (+) et (—), elles se fusionnent et donnent un zygote.

II. — ANATOMIE

A. — Anatomie des Basidiomycètes

Dans la classification de Fries, il est déjà fait état du voile qui se sépare plus ou moins du réceptacle proprement dit. Dans la période qui s'étend de 1842 à 1889, divers mycologues, entre autres Hoffmann, de Bary, se préoccupent de la différenciation, de l'organisation, des rapports des diverses parties du réceptacle. M. Patouillard (1887-1900) accentue les progrès dans la même voie. Enfin M. Atkinson se propose d'apporter à la solution de ces problèmes le concours d'une technique plus perfectionnée. Il prélude à ces recherches en étudiant le développement du Champignon de couche[4], puis l'origine et la valeur taxonomique du voile des Phallacées[5].

La volve des Phallacées est indépendante du voile. Elle se sépare du rudiment du réceptacle avant toute autre différenciation. Ses assises profondes forment le péridium interne, tandis que ses couches externes se gélifient. Alors le rudiment qu'elle enveloppe montre l'ébauche du stipe, puis du chapeau qui entoure le stipe. Le voile est un résidu de tissu fondamental qui subsiste, sans se différencier ni dégénérer, entre le stipe et le chapeau. Chez l'*Ithyphallus Ravenelii*, il pend comme une cloche insérée sur la ligne de jonction de ces deux parties; chez l'*Ithyphallus impudicus*, il se déchire à mesure que le chapeau s'écarte et que le stipe s'allonge; ses lambeaux pendent au bord et à la face interne du chapeau ; il laisse encore à la surface

1. *Bull. Soc. mycol.*, t. XXXIII ; 1917.
2. *Bull. Soc. botan. Fr.*, t. LXVI ; 1919.
3. *Bull. Soc. mycol.*, t. XXXIII ; 1917.
4. *Bull. Assoc. des natur. de Nice et des Alpes-Marit.*, t. I ; 1915.
5. *Soc. botan. de Russie*, t. I ; 1916.

1. *Ber. deutsch. bot. Ges.*, t. XXXIV ; 1916.
2. *Bull. Soc. mycol.*, t. XXXIII ; 1917.
3. *C. R. Acad. Sc.*, 16 juillet 1917.
4. *Botanical Gazette*, t. XLII; 1906.
5. *Botanical Gazette*, t. L ; 1911.

du stipe, soit des débris informes, soit un anneau. C'est un voile fugace, évanescent, souvent méconnu.

Au voile M. Atkinson oppose l'indusie. Tandis que le tissu fondamental garde dans le voile la texture lâche primitive, dans l'indusie il se resserre, s'affermit et devient sensible aux réactifs colorants. L'indusie est différenciée aux dépens du voile, auquel elle se substitue plus ou moins complètement. Chez l'*Ithyphallus impudicus*, on la reconnaît à sa structure réticulée ; elle reste localisée à la base du voile ; déjà distincte dans les jeunes réceptacles, elle échappe aux causes de destruction inhérentes à la délicatesse du voile primitif. L'indusie du *Dictyophora duplicata* envahit le voile tout entier et prend la même forme campanulée que le voile de l'*Ithyphallus Ravenelii*. D'après l'organogénie, l'*Ithyphallus impudicus* est plus proche parent du *Dictyophora* que l'*Ithyphallus Ravenelii*.

Les études anatomiques de M. Atkinson sur les Agaricacées comprennent une publication sur l'homologie du voile universel des *Agaricus*[1] et une série de monographies[2] où les diverses parties sont examinées conjointement dans chaque genre.

La volve des Agaricacées est le produit de la différenciation du voile ; elle répond à l'indusie plutôt qu'à la volve des Phallacées ; elle ne s'affranchit pas du réceptacle, comme cette dernière, dès le début du développement.

Le réceptacle des Agaricacées se divise en carpophore et voile. On distingue un voile universel ou périphérique et un voile partiel ou marginal. M. Atkinson reconnaît deux états dans le voile universel. Au début, c'est une assise non différenciée, plus ou moins distincte du jeune carpophore ; c'est la **couche blématogène**. Selon le degré de différenciation atteint plus tard, on aura, tantôt un **protoblème** ou voile universel primaire, tantôt un **téléoblème** ou volve.

Le voile partiel naît aux dépens du tissu fondamental du carpophore proprement dit ; il s'étend en bas et en dehors, depuis la jonction du chapeau et du stipe jusqu'au contact du voile universel.

Chez la plupart des *Agaricus* (*Psalliota*), le voile universel reste cohérent à la cuticule ou couche superficielle du chapeau sans dépasser le stade de blématogène. Dans quelques formes culturales d'*Agaricus campestris*, des écailles séparables du voile universel constituent un protoblème. Les écailles grises ou brunâtres qui, selon leur abondance, couvrent plus ou moins complètement le chapeau et le stipe du *Lepiota clypeolaria*, ont une origine analogue ; les crêtes auxquelles le *L. cristata* doit son nom sont formées par la couche externe du blématogène ; cette couche devient pulvérulente et s'enlève par le moindre frottement chez le *L. seminuda*. Le blématogène tout entier se réduit chez les *Coprinus comatus* et *atramentarius* en flocons adhérents au chapeau, chez le *C. micaceus* en chapelets de cellules arrondies qui finissent par se détacher du tissu compact du chapeau en plaques micacées.

Miss G. Douglas[1] admet l'existence d'un protoblème chez le *Cortinarius armillatus*; elle la soupçonne dans d'autres espèces.

La volve des *Amanitopsis* et des *Amanita* se différencie aux dépens du voile universel ; elle est décollée en masse de la surface du carpophore par une couche spéciale de clivage.

L'anneau des Agaricacées dérive habituellement du voile partiel. Il est parfois prolongé sur son bord par un contingent fourni par le voile universel chez les *Agaricus*, *Lepiota*. Le voile partiel des *Amanitopsis* ne constitue pas un véritable anneau comme chez les *Amanita*, mais de simples écailles disséminées sur la partie supérieure du stipe. La volve de l'*Amanitopsis vaginata* se déchire d'ordinaire au sommet, laissant à la base un large limbe à bords irrégulièrement lobés. M. Atkinson nomme limbe interne un collier caché dans la volve et rappelant un anneau déplacé ; mais ce limbe interne se sépare facilement de la base du stipe ; sa structure montre que c'est une portion détachée de la volve. Il est représenté chez quelques espèces d'*Amanita* par des débris plus ou moins annulaires entraînés par l'allongement du stipe jusqu'au voisinage de l'anneau provenant du voile partiel.

D'après les recherches de Miss Douglas et de M. Sawyer[2], les Cortinaires possèdent un voile universel et un voile partiel qui collaborent à la production de la cortine.

Le voile universel et le voile partiel peuvent être considérés avec leurs dérivés comme des annexes séparées, à des stades plus ou moins précoces du développement, du carpophore ou fruit proprement dit.

Le carpophore est endogène chez les Agaricacées munies de voile, comme le réceptacle des Phallacées enfermé dans la volve. On y distingue trois parties : l'hyménophore, le chapeau

1. *Mycologisches Centralblatt*, t. V ; 1914.
2. *Amer. Journ. Botany*, t. I ; 1914. — *Mycol. Centratbl.*, t. IV ; 1914. — *Ann. mycologici*, t. XII, nos 3, 4 ; 1914. — *Bot. Gazette*, t. XLI ; 1916. — *Mem. New-York Bot. Gard.*, t. VI ; 1916.

1. *Amer. Journ. Bot.*, t. III ; 1916.
2. *Amer. Journ. of Botany*, t. IV ; 1917.

et le stipe. L'hyménophore occupe la zone circulaire qui sépare le chapeau du stipe et s'étend à la face inférieure du chapeau et parfois au sommet du stipe. Selon M. Sawyer[1], il se différencie le premier chez les *Agaricus* (*Psalliota*), *Armillaria*, *Stropharia;* il est devancé par le chapeau chez les *Hypholoma* étudiés par Mme Allen[2] et par M. Beer[3], et chez l'*Amanitopsis* d'après M. Atkinson. Le stipe se différencie d'abord chez des *Lepiota*, *Cortinarius*, *Rozites* et les trois *Pholiota* examinés par M. Sawyer. L'ordre d'apparition des parties peut varier dans une même espèce.

L'hyménophore s'ébauche, tantôt à la surface du carpophore, tantôt dans une cavité annulaire. D'après ce caractère, les Agaricacées sont partagées en exogènes et endogènes, en dehors de toute considération liée à l'absence ou à la présence du voile.

Le développement endogène ainsi compris est étudié par M. Atkinson chez les *Agaricus* (*Psalliota*), *Armillaria*, *Lepiota*, *Coprinus*, par Miss G. Douglas chez les *Cortinarius*, par M. Sawyer chez les *Pholiota*. Au moment où le chapeau commence à se distinguer du stipe, la croissance inégale des filaments situés au-dessous du cercle qui les sépare amène des tiraillements aboutissant à la formation d'une cavité générale annulaire. Au début, les débris d'hyphes pendent sur toute la paroi. Chez les *Agaricus*, cet aspect loqueteux disparaît sur le plafond où s'établit une couche de palissades serrées; la cavité s'étend progressivement du stipe vers la périphérie du chapeau; en même temps des plis et des sillons rayonnants s'accusent à la surface de la couche palissadique; plus tard, les lamelles se dressent en chevauchant sur deux sillons voisins.

Chez les Coprins, M. Levine[4] contestait l'existence de la cavité annulaire indiquée par de Bary. M. Atkinson observe une cavité relativement ample chez le *Coprinus comatus;* elle est étroite ou très étroite chez les *C. atramentarius* et *C. micaceus*, parce que les loques du tissu fondamental effiloché la rétrécissent et la comblent plus ou moins.

Le type exogène est fort bien décrit par M. Atkinson chez l'*Amanitopsis vaginata*. Sans formation préalable d'une cavité générale même rudimentaire, le tissu fondamental qui unit les rudiments du chapeau et du stipe se condense en trabécules rayonnantes progressant en direction centrifuge sous le jeune chapeau. Quand les lamelles sont différenciées, l'air pénètre entre elles, ce qui supplée à l'absence de la cavité préalable du type *Agaricus*, car, bien qu'exogène, l'hyménophore est revêtu par la volve.

On connaît aussi le type exogène chez des Agaricacées dépourvues de volve; Hoffmann le signalait chez des *Entoloma*, de Bary chez des *Mycena*. Une technique plus parfaite est appliquée par M. Blizzard[1] aux *Omphalia*, *Clitopilus*, *Clitocybe*, par Miss Douglas[2] à un *Mycena*, à trois *Hygrophorus*, à trois *Entoloma*.

Il n'est pas douteux que les Volvés occupent un rang supérieur parmi les Agaricacées. Il n'est pas plus contestable que les Psalliotes soient plus perfectionnées que les Hygrophores, les Entolomes et les Mycènes. On ne saurait donc subordonner en bloc tous les exogènes aux endogènes. Nous ne devons pas pour cela méconnaître l'importance systématique de l'organogénie. Le type exogène est certainement le plus primitif. La cavité annulaire réalise un progrès en assurant une protection parfaite de l'hyménium en voie de développement; mais elle complique la déhiscence qui permet la dissémination des spores. Chez les *Amanita* et les *Amanitopsis*, le téléoblème organisé en volve rend superflue une protection qui entrave la dissémination. Il est probable que la cavité annulaire a disparu par défaut d'usage. Lorsque le voile est fugace, il ne protège plus le carpophore au cours du développement; il en est autrement quand le fruit est à l'abri d'une volve jusqu'à la maturité des spores. Dans le premier cas l'endogénie des lamelles est un perfectionnement, dans le second c'est une complication superflue.

L'exogénie des Amanitées ne paraît pas être une persistance de l'exogénie primitive des Hygrophores; c'est plutôt une simplification de la condition des endogènes, un retour à l'exogénie à la faveur de la volve.

B. — Anatomie des Ascomycètes

Les récents travaux de systématique concernant les Ascomycètes s'appuient avant tout sur l'anatomie expliquée par l'organogénie qui rattache l'ontogénie à la phylogénie. M. Atkinson[3] met au point nos connaissances sur la phylogénie et la parenté des Ascomycètes. Il se prononce en faveur de la doctrine classique qui les fait dériver des Phycomycètes. Divers auteurs avaient insisté sur les affinités des Ascomycètes avec les Floridées ou Algues pourpres; séduit par leurs

1. *Botan. Gazette*, t. LXIV; 1917.
2. *Ann. mycologici*, t. IV; 1906.
3. *Ann. of Botany*, t. XXV; 1911.
4. *Amer. Journ. Bot.*, t. I; 1914.

1. *Amer. Journ. Bot.*, t. IV; 1917.
2. *Amer. Journ. Bot.*, t. V; 1918.
3. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, t. II; 1915.

arguments, mais ne pouvant admettre l'origine polyphylétique d'un organe aussi bien défini que l'asque, j'avais soutenu l'opinion que tous les Ascomycètes ont un ancêtre commun avec les Floridées et que les Phycomycètes ont une origine différente.

M. B. O. Dodge[1] pense que le trichogyne, avec toutes ses variations chez les Laboulbéniacées et autres Ascomycètes, paraît fournir une base suffisante à la théorie qui les fait dériver des Floridées.

Mais, de l'avis de M. Atkinson, on exagère les différences qui séparent les Ascomycètes des Phycomycètes, à savoir la structure cellulaire opposée à la structure cénocytique et la présence de spermaties et de trichogynes. Sur le premier point on relève des exceptions : le genre *Basidiobolus* est un Phycomycète où la structure cellulaire est typique; la cénocytie n'est pas rare chez les Ascomycètes, surtout dans l'ascogone ; le cloisonnement des filaments des Laboulbéniacées pourrait avoir une signification physiologique. Quant à l'appareil sexuel analogue à celui des Floridées, on n'a pas de preuve qu'il fonctionne jamais chez les Ascomycètes.

La parenté des Champignons avec un groupe particulier d'Algues n'est pas encore précisée; mais celle des Ascomycètes avec les Phycomycètes est admise par M. Atkinson. Tout en séparant les deux groupes, il fait dériver le premier du second. Le genre *Dipodascus* est le pivot fragile de cette hypothèse.

Les Ascomycètes sont divisés en **Protoascomycètes** et **Euascomycètes**. La souche des Protoascomycètes est le genre *Dipodascus* où le mycélium et les branches gamétogènes sont cénocytiques ; l'union précoce des branches gamétogènes avant la pleine différenciation des gamétocystes rappelle les Mucorinées. Du *Dipodascus* part la série apocarpe des *Endomyces* à laquelle se rattachent les *Ascoidea*, *Protomyces*, *Taphridium*, Saccharomycètes, Exoascées, *Ascocorticium* et d'autre part les *Eremascus*.

Les Euascomycètes sont reliés à la souche des *Dipodascus* par la souche des *Gymnoascus* et celle des *Monascus*. Les *Gymnoascus* sont le point de départ d'une lignée des **Plectoascales**, où les asques sont dispersés sur les filaments; les Gymnoascacées sont à la base; les Aspergillacées marquent un progrès, les Elaphomycétacées une nouvelle complication.

On hésite à considérer les **Perisporiales** comme une branche divergente de la même lignée : M. Atkinson incline plutôt à faire dériver tous les **Perisporiales**, Périsporiacées aussi bien qu'Erysiphacées, directement des *Monascus* ; c'est encore à un ancêtre voisin des *Monascus* qu'il relie les **Laboulbeniales**.

Les deux branches principales de la souche des *Monascus* forment la lignée des Pyrénocarpes et celle des Discocarpes. Celle-ci est nettement caractérisée dans les **Pezizales** conduisant aux **Helvellales** et aux **Tuberales**, celle-là dans les **Hypocreales**, les **Sphæriales** et les **Dothideales**. Restent des groupes critiques. Si les *Pyronema* rattachent directement les Discocarpes aux *Monascus*, ils sont peu éloignés de la bifurcation qui mène aux Pyrénocarpes. Ce n'est pas sans hésitation que l'on fait dériver des **Sphæriales** les **Hysteriales** et les **Microthyriales** ; ces derniers pourraient aussi bien provenir des **Phacidiales** détachés des **Pezizales** ; on ne peut même pas écarter la possibilité d'une parenté avec les **Perisporiales**. Ce qui caractérise ce groupe énigmatique, c'est un bouclier rendant superflue la protection d'un périthèce. Chez quelques **Phacidiales**, le développement d'un bouclier est en rapport avec la régression du périthèce.

M. Atkinson souhaite de nouvelles observations propres à éclaircir ces points obscurs. Cet appel n'avait pas été attendu, car divers mycologues étaient déjà aux prises avec ce nœud de la systématique des Ascomycètes. Le mal est plus profond que ne le laisse entendre le maître américain. Les groupes des **Sphæriales**, **Hypocreales**, **Phacidiales**, **Dothideales**, **Perisporiales**, reposant sur des analogies et des ressemblances superficielles, sont mal conçus; ils réclament un remaniement radical, dont la séparation des **Plectascales** n'est que le prélude.

M. Theissen[1] s'est longuement occupé des Microthyriacées. Il y distingue deux tribus, Microthyriées et Astérinées, par l'absence de mycélium superficiel dans la première. Cette famille est alliée aux Trichopeltacées et aux Hémisphériacées dans la série des **Hemisphæriales**[2]. Dans une plus récente contribution à la systématique des Ascomycètes[3], il réunit dans la nouvelle famille des Stigmataceæ les genres *Vizella*, *Coleroa*, *Stigmatea* qui étaient respectivement rangés dans les Microthyriacées, les Mycosphérellacées et les Sphériacées. Dans ce dernier Mémoire, M. Theissen constitue aux dépens des Sphériacées la nouvelle famille des Plectosphériacées, avec le genre *Mamiania* et le

1. *Bull. Torrey Botan. Club.*, t. XLI; 1914.

1. *Œsterr. bot. Zeitschr.*, t. LXII, 1912; t. LXIII, 1913. — *Centralbl. Bakt.* [2], t. XXXIV; 1912. — *Abh. K. K. zool. bot. Ges. Wien*, t. VII; 1913.
2. *Ann. mycol.*, t. XI; 1913.
3. *Ann. mycol.*, t. XIV; 1916.

nouveau genre *Plectosphæra* extrait des *Physalospora*. Il y voit un trait d'union entre les **Sphæriales** et les **Hypocreales**.

Les données d'ordre anatomique ont conduit l'auteur à bouleverser la classification des anciens Pyrénomycètes. Sur 107 espèces passées au crible de la critique, 13 seulement sont maintenues ; 88 % sont transférées dans d'autres genres dont 4 nouveaux, dans d'autres familles, dans d'autres ordres. Selon ses prévisions, un sort semblable attend 150 espèces qui restent à revoir.

Le même travail de remaniement est poussé avec ardeur par M. von Höhnel. Dans trois notes présentées à la Société botanique allemande [1], il revise le système des Sphériacées d'après la structure du noyau du périthèce. Il applique d'abord ce principe aux Diaporthées ; après les avoir enrichies de genres égarés parmi les Dothidéacées, Sphérelloïdées, Mélanconidées, Mélanogrammacées, Gnomoniacées, il les divise en deux tribus, Eudiaporthées et Valsées. Il laisse les Microthyriacées dans les **Perisporiales**, entre les Trichothyriacées et les Englérulacées. Les **Phacidiales** relient les Dothidéacées aux **Pezizales** ; l'auteur y fait rentrer des genres antérieurement dispersés dans les **Hysteriales** et d'autres séries.

M. Arnaud [2] prévoit le rattachement de la plupart des Phacidiacées aux Microthyriacées, ce qui explique les affinités soupçonnées par M. Atkinson entre les deux familles. Dans sa thèse [3], il range dans les **Hypocreales** la nouvelle famille des Parodiellinacées, constituée par des espèces détachées de divers genres de Périsporiacées. Tout récemment [4], il considère les Erysiphées comme une tribu des Parodiellinacées. C'est discutable.

Toutefois la systématique n'est pas le but de M. Arnaud. Les Astérinées, auxquelles il consacre sa thèse, constituent un groupe biologique réunissant, sans égard à leurs affinités, les champignons qui, par leur parasitisme, contribuent à produire les fumagines ; il écarte les saprophytes de la fumagine dont il s'est jadis occupé en 1910.

Dans cette collection de parasites, il distingue de rares **Sphæriales**, des **Hypocreales** (famille des Parodiellinacées), des **Dothideales** (famille des Méliolinées) et surtout les **Microthyriales** (famille des Microthyriacées). Ces groupes sont convergents sans être proches parents.

M. J. Weese [5] souligne la fragilité des barrières qui séparent les Hypocréacées des Sphériacées en transférant des premières aux secondes le genre *Bresadolella* et le *Letendrea rhynchostoma*.

L'organogénie tient le premier rang dans la classification des **Hypocreales** par M. Vincens [1]. La structure n'est mise en valeur que si elle est rattachée au développement. M. Vincens sait bien que les groupes anciens, tels que les **Hypocreales**, ne sont pas assis sur des bases suffisamment naturelles et que, par conséquent, les sections qu'on y peut établir ne sauraient avoir une valeur définitive ; aussi se borne-t-il à chercher parmi les **Hypocreales** quelques types susceptibles de grouper autour d'eux des genres compris dès à présent dans cette série ou égarés ailleurs. Il en distingue cinq. Chez les *Melanospora* (I) l'ascogone est unique, le tissu se développe par division ; les asques forment des grappes. Dans les autres, les ascogones sont multiples ; le périthèce est formé d'un feutrage de filaments. Les asques sont encore en grappe chez les *Claviceps* et *Epichloe* (II). L'hyménium est discoïde chez les *Hypomyces* (III), basilaire au début, puis devenant pariétal chez les *Nectria* (IV), pariétal dès l'origine chez les *Hypocrea* (V).

Si des données purement organogéniques et anatomiques servent de base à ces cinq types, il ne faut pas en inférer que M. Vincens se désintéresse des caractères histologiques et des apparences superficielles dont la systématique s'est longtemps contentée. C'est au contraire parce qu'il apprécie à leur juste valeur leur intérêt propre et leur insuffisance, qu'il a jugé nécessaire de les subordonner aux données organogéniques et anatomiques avec lesquelles elles concordent habituellement. On ne peut que louer le soin extrême apporté par l'auteur à décrire les moindres détails anatomiques et histologiques qui ressortent clairement des nombreuses figures et des planches illustrant le texte.

M. Vincens précise quels sont les traits essentiels des ascospores. Sans accorder à leur structure histologique une valeur systématique prépondérante, il en tire des indices d'affinité confirmés par d'autres caractères.

En dehors des **Hypocreales**, M. Vincens [2] étudie la membrane des ascospores dans une famille de **Sphæriales** ; il en fait état pour rattacher aux Xylariacées des genres critiques tels que *Wawelia*, dont M. Namyslowski faisait le type d'une nouvelle famille d'**Hypocreales**, pour en éloigner les *Xybobotrium*, pour démembrer

1. *Ber. Deutsch. bot. Ges.*, t. XXXV ; 1917.
2. *C. R. Acad. Sc.*, 10 avril 1917.
3. Les Astérinées. *Thèse D. Sc.*, Paris, 1918.
4. *C. R. Acad. Sc.*, 19 janvier 1920.
5. *Sitzungsber. K. Akad. Wiss. Wien*, t. CXXV ; 1916-17.

1. Recherches organogéniques sur les Hypocreales. *Thèse D. Sc.*, Paris, 1917.
2. *Bull. Soc. mycol.*, t. XXXIV 1918.

les *Anthostoma* dont certains genres ont une épispore fendue suivant la longueur, tandis que d'autres n'ont pas ce caractère des Xylariacées.

Dans ses études sur les Pyrénomycètes, M. Chenantais[1] approfondit la structure d'un grand nombre de formes. Il est déconcerté par l'infidélité des caractères qui avaient sa confiance; il ne croit plus aux formes typiques; il ne voit dans un type qu'une pure abstraction représentant une moyenne. Ce qui nous étonne, c'est qu'il lui ait fallu tant d'efforts pour s'en apercevoir. On trouvera dans cet ouvrage des critiques acerbes, des démolitions et de bons matériaux qui attendent un architecte.

L'impression qui se dégage de ces travaux, c'est que le contrôle de l'anatomie et de l'organogénie n'ébranle pas les grandes lignes de la systématique, mais il justifie de sérieuses rectifications dans la circonscription des groupes et introduit une heureuse précision dans les détails.

III. — FLORE MYCOLOGIQUE

La flore mycologique continue à s'enrichir. Signalons dans les pays lointains de nouvelles espèces de Basidiomycètes et d'Ascomycètes de Nouvelle-Calédonie décrites par MM. Massee et Cotton[2], des contributions à la flore de Ceylan par M. Petsch[3], à celle du Nord de l'Afrique par M. R. Maire[4].

Poursuivant la revision des Théléphoracées de l'Amérique du Nord, M. Burt s'occupe des *Exobasidium*[5], puis[6] décrit de nouvelles espèces d'*Hypochnus* et de *Septobasidium*. M. Murrill[7] continue dans deux notes l'examen des Agaricacées des Etats-Unis. M. Coker[8] y trouve une nouvelle espèce, *Amanita Atkinsoni*, et des variétés d'*A. Mappa, spissa, rubescens*.

Outre plusieurs épiphytes, M. Saccardo[9] décrit un *Clitocybe* inédit de la Vallée d'Aoste. Après les *Mycena*, M. Lange[10] s'occupe des *Amanita*, *Lepiota*, *Coprinus* de Danemark; les deux derniers genres lui fournissent de nouvelles espèces. La Société mycologique néerlandaise, fondée en 1908, donne une nouvelle impulsion à la recherche des grands Champignons. La première décade est fructueuse. 260 espèces de Basidiomycètes qui ne figuraient pas dans le Catalogue d'Oudemans sont mentionnées par Mme Cool et M. Meulenhoff[1]. Les genres *Gautiera*, *Hysterangium*, *Anthurus* sont nouveaux pour le pays. Mme Cool[2] signale le *Lepiota odorifera* découvert simultanément en 1916 dans trois stations sous des arbres variés, retrouvé en 1917 dans les mêmes gîtes et quelques autres points des Pays-Bas; c'est une espèce remarquable par son parfum de Tubéreuse, ses sclérotes jaunes, l'absence d'anneau. A certains égards elle rappelle les *Inocybe*, à d'autres les *Tricholoma*. M. Patouillard est d'accord avec l'auteur pour y reconnaître un nouveau *Lepiota*.

M. Mattirolo[3] rattache au même genre l'*Agaricus Flos sulphuris* Schnizlein et l'enrichit d'une nouvelle espèce, *Lepiota incerta* Matt. Ces deux Lépiotes ont des sclérotes; on les trouve uniquement dans les serres chaudes, ce qui permet de les rattacher à la flore tropicale.

MM. Bourdot et Galzin[4], poursuivant la publication des Hyménomycètes de France, s'occupent des Corticiés. Après les Amanites, Lépiotes, Cortinaires, Hygrophores, les Astérophorés, M. Bataille[5] donne un tableau synoptique des *Marasmius*. M. Dumée[6] découvre à Montereau une nouvelle espèce d'Amanite, *A. proxima*.

Suivant l'exemple de la France à l'époque du blocus continental, l'Allemagne, menacée de disette, fait appel aux savants pour utiliser toutes les ressources indigènes. La mycologie a fait un grand effort de vulgarisation. En pleine guerre, M. Liesche[7] réédite au prix d'un mark un atlas de 26 planches en couleurs représentant 92 Champignons comestibles ou vénéneux. MM. A. Henning et G. Kropp[8] fondent en 1917 une Revue destinée à répandre la connaissance des Champignons et des herbes utiles. Ce périodique donne de bons conseils. Il préconise les expositions permanentes de Champignons frais, souvent réalisées en France avant la guerre. Dans ses réclames pittoresques, on offre aux enfants un jeu de cartes à l'effigie des champignons accompagnés soit d'une tête de mort, soit d'un couteau et d'une fourchette.

Le nombre des espèces s'accroît démesurément parmi les Ascomycètes et les formes incomplètes qui s'y rattachent. Pour ces dernières, le crédit attribué aux propriétés physiologiques pour

1. *Bull. Soc. mycol.*, t. XXXIV, 1918; t. XXXV, 1919.
2. *Vierteljahresschr. Naturf. Ges. Zurich*, t. LXXI; 1916.
3. *Ann. R. Bot. Gard. Peradeniya*, t. VI; 1916-17.
4. *Bull. Soc. Hist. nat. Afrique du Nord*, t. VI; 1915.
5. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, t. II; 1915.
6. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, t. III; 1916.
7. *N. A. Flora*, t. X; 1917.
8. *Journ. Elisa Mitchell Sc. Soc.*, t. XXXIII; 1917.
9. *N. Giorn. bot. ital.*, t. XXIV; 1917.
10. *Dansk Bot. Archiv.*, t. II; 1915.

1. *Ned. Kruidk Archief*, 1917.
2. *Meded. Ned. Mycol.*, t. IX; 1918.
3. *R. Acc. Lincei*, 1918.
4. *Bull. Soc. mycol.*, t. XXVIII; 1913.
5. Flore monographique des Marasmes d'Europe. Besançon, 1919.
6. *Bull. Soc. mycol.*, t. XXXII; 1916.
7. Atlas, chez Graser. Annaberg, 1916.
8. *Der Pilz und Kräuterfreund*, Heilbronn; t. I, 1917; t. II, 1918; t. III, 1919.

suppléer à l'insuffisance des données morphologiques n'est pas toujours justifié. M. Linossier [1] montre que l'*Oidium lactis* peut être par entraînement adapté à diverses températures, et à divers degrés d'acidité.

Ce nom même d'*Oidium*, qui devrait être réservé à l'appareil conidien des Erysiphacées, indique une confusion jetée dans la nomenclature mycologique par l'emploi déplacé des données physiologiques dont l'intérêt est d'un autre ordre. Pour le botaniste, l'*Oidium lactis* est un *Mycoderma*. M. Bobilioff-Preisser [2] en décrit plusieurs espèces, sous le nom impropre d'*Oospora*, d'après leur activité comme ferments. M. Will [3] sépare du genre *Mycoderma* le nouveau genre *Pseudomycoderma* qui a la même morphologie, mais s'en distingue physiologiquement parce qu'il fait à peine fermenter le galactose, le saccharose et le maltose.

La confusion éclate au sujet des champignons bourgeonnants. Hansen avait détourné le nom de *Torula* de son acception botanique pour l'appliquer aux levures asporogènes qui appartiennent au genre *Cryptococcus*. Le groupe des Torulacées ainsi compris est divisé par M. Will en deux sections : les Eutorulacées ont des cellules rondes ou apiculées avec (*Eutorula*) ou sans (*Torula*) globule oléagineux; les *Mycotorula* forment la deuxième section à cellules allongées et oléifères.

Le même abus conduit M. Woltje [4] à multiplier les espèces de *Penicillium* d'après les milieux qui leur conviennent et les modifications qu'elles y déterminent.

Il faut revoir ou rayer une foule d'espèces décrites parmi les Pyrénomycètes épiphytes et leurs formes imparfaites. M. von Keissler [5] n'en retient que quatre sur cent quarante-cinq décrites par Sauter dans les Alpes autrichiennes. M. Wollenweber [6] n'est pas moins sévère pour le genre *Fusarium*, fondé sur une forme accessoire d'Ascomycètes. Il crée le nouveau genre *Neonectria*, plusieurs espèces et en supprime un plus grand nombre. M. von Höhnel [7] remanie de même divers groupes.

Des espèces nouvelles sont décrites en Suisse par M. Jaap [8], en Poméranie et en Silésie par M. Porak [9] avec le nouveau genre *Cucurbitariella*.

1. *C. r. Soc. de Biol.*, t. LXXIX; 1916.
2. *Centralbl. Bakt.*, [2], t. XLVI; 1916.
3. *Centralbl. Bakt.*, [2], t. XLVI; 1916.
4. *Centralbl. Bakt.*, [2], t. XLVIII; 1917.
5. *Ann. K.K. Naturhist. Hofmuseums*, t. XXXI, Wien, 1917.
6. *Ann. mycol.*, t. XV; 1917.
7. *Fragmente zur Mykologie*, XIX, XX, Wien, 1917.
8. *Ann. mycol.*, t. XV; 1917.
9. *Ann. mycol.*, t. XIV; 1916.

En Podolie, M. Garbowski [1] a récolté cent vingt et une espèces, dont quatre-vingt-cinq non signalées dans ce gouvernement et quatre inédites. L'Afrique est explorée au Nord par M. R. Maire [2], au Sud par M. Doidge [3] qui signale plusieurs Périsporiacées nouvelles, notamment dans le genre *Meliola* qui, d'autre part, est abondamment représenté dans l'Amérique du Sud. M. F. L. Stevens [4] en décrit trente que lui a communiquées M. Spegazzini. MM. H et P. Sydow [5] décrivent les Champignons de Nouvelle-Guinée récoltés par Ledermann et apportent une importante contribution [6] à la flore des Philippines, également enrichie par M. Yates [7]. Sept genres nouveaux et de nombreuses espèces inédites sont récoltés par M. F. L. Stevens [8] à Porto-Rico, où le seul genre *Phyllachora* fournit au même auteur et à Miss Nora Dalby 18 espèces dont 10 nouvelles [9]. La flore de Porto-Rico est aussi étudiée par M. L. E. Miles [10]. Citons encore des nouveautés de Ceylan dues à M. Petch [11].

Nous parlerons plus loin des travaux où l'action des parasites tient plus de place que la floristique.

Parmi les Phycomycètes, M. Porah [12] décrit aux Etats-Unis six nouvelles espèces de *Mucor* et douze anciennes. A Genève, M. Bruderlein [13] trouve sur la farine de Maïs portugais et égyptien deux espèces nouvelles, *Mucor lusitanicus* et *Rhizopus Maydis*; le premier produit de l'alcool; tous deux participent à l'activité du levain, mais à un moindre degré que le *Bacillus levans*.

On connaissait dans la forêt de Fontainebleau 24 espèces et une variété de Myxomycètes. M. Skupienski [14] y ajoute 11 espèces et une variété et une espèce inédite, le *Ceratiomyxa sphærospora*.

Paul Vuillemin,
Correspondant de l'Institut,
Professeur à la Faculté de Médecine
de l'Université de Nancy.

1. *Bull. Soc. mycol.*, t. XXXIII; 1918.
2. *Loc. cit.*
3. *Trans. R. Soc. South Africa*, t. V; 1917.
4. *Bot. Gaz.*, t. LXIV; 1917.
5. *Bot. Jahrb.*, t. LIV; 1916.
6. *Ann. mycol.*, t. XIV, 1916, et t. XV, 1917.
7. *Philippine Journ. Sc., Botany*, t. XII; 1917.
8. *Trans. Ill. Ac. Sc.*, t. X; 1918.
9. *Botan. Gaz.*, t. LXVIII; 1919.
10. *Trans. Ill. Ac. Sc.*, t. X; 1918.
11. *Ann. R. Bot. Gard. Peradeniya*, t. VI; 1916-1917.
12. *Bull. Torrey Bot. Club*, t. XLIV; 1917.
13. *Bull. Soc. bot. Genève*, [2], t. VIII, 1916 et [2], t. IX; 1917. — *Thèse Univ.* Genève, 1917.
14. *Bull. Soc. mycol.*, t. XXXII; 1916.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Schouten (W. J. A.) — **On the determination of the principal laws of statistical Astronomy.** — *1 vol. in-8° de 128 p. avec 3 fig. W. Kirchner, éditeur, Amsterdam*, 1918.

L'objet de ce travail est double.

L'auteur s'est proposé d'abord de comparer et de critiquer les différentes méthodes employées jusqu'alors pour l'étude statistique de la distribution des étoiles dans l'espace et des lois de répartition et de fréquence de ces étoiles d'après leur éclat et leur vitesse propre. Il a tenu à faire la critique des recherches de Seeliger, parce qu'on manquait jusqu'à présent d'un bon résumé de ses travaux et que ces résultats, bien qu'inférieurs à ceux de ses successeurs, ont été trop souvent méconnus. C'est déjà une œuvre de mise au point et de déblaiement scientifique très utile.

Il s'est efforcé ensuite de déterminer les lois réelles de distribution du monde astronomique, au moyen de la méthode qu'il a jugée la meilleure, celle de Kapteyn. Un pareil travail était déjà en cours au Laboratoire astronomique de Groningue et l'auteur a pu utiliser les travaux déjà publiés et d'autres en préparation, obligeamment prêtés par les Professeurs Kapteyn et Van Rhyn.

On peut se demander si les données astronomiques actuelles sont suffisantes pour permettre d'aborder de pareilles déterminations pour l'ensemble du monde stellaire, en dehors de et y compris la Voie Lactée. Du moins on peut dire avec Kapteyn que l'on peut espérer avoir ainsi en mains une première approximation, qui peut servir d'indication pour des recherches futures.

L'auteur montre d'ailleurs que d'autres résultats, qui n'ont pas été utilisés directement, peuvent servir comme vérification et contrôle des résultats obtenus, comme par exemple les variations du mouvement propre, du type spectral, de la condensation par rapport à la Voie Lactée.

L'auteur nous indique qu'il n'a pas étendu ses recherches à chaque type spectral pris séparément, parce que les déterminations ne sont pas encore assez nombreuses et ensuite parce que cela n'indiquerait rien de nouveau sur la structure générale. Toutefois il est certain que la distribution des étoiles, dans le ciel et dans l'espace, d'après leur type spectral, serait de la plus haute importance pour l'avenir, car ce type étant une indication de l'évolution de l'étoile, il serait intéressant de savoir s'il y a des régions à évolution plus ou moins avancée ou plus ou moins retardée pour essayer de nous faire une idée sur l'Evolution générale du monde stellaire.

On peut en dire autant de l'étude de la distribution des nébuleuses, que l'auteur n'a pas abordée et qui présente la même importance au même point de vue, et aussi les mêmes difficultés. Les mémoires et atlas de M. W. Stratonoff, de Tachkent, contenaient déjà ces études qui pourraient être complétées au moyen du grand travail de M. Bigourdan sur les nébuleuses. L'atlas Stratonoff peut nous faire regretter aussi que M. Schouten n'ait pas joint des cartes à son travail, dont les résultats auraient gagné en clarté et en précision.

Le chapitre premier contient un court résumé des recherches les plus importantes déjà publiées sur ce sujet, avec la comparaison des différentes méthodes et les courbes qui traduisent les lois de variation de la luminosité de Seeliger, Schwarzschild, Dyson, Kapteyn, Schouten.

Le chapitre second réunit l'ensemble des donnés actuellement utilisables pour une recherche statistique. Les unes sont empruntées aux travaux antérieurs, les autres ont été rassemblées par l'auteur lui-même dans les différents catalogues. Il détermine en même temps la forme des surfaces d'égale densité, d'après le nombre des étoiles plus brillantes que celles de telle grandeur. Il détermine encore comment sont distribuées les étoiles d'après leur mouvement propre et discute plus spécialement la relation entre la luminosité et la vitesse. Il donne enfin ses raisons pour admettre que l'absorption de lumière dans l'espace est négligeable.

Le chapitre suivant donne le résumé et la discussion des recherches de Seeliger. L'auteur soulève de fortes objections contre le fondement même de sa méthode et en déduit que la plupart de ses conclusions sont purement hypothétiques. C'est pour cela qu'il renonce à discuter les données modernes au moyen de cette méthode. Toutefois ce chapitre forme la partie la plus considérable de l'ouvrage.

Le chapitre quatrième est consacré à l'étude de la méthode de Schwarzschild et des résultats qui s'en déduisent. L'auteur a étendu l'application de ses formules de façon à pouvoir faire entrer en ligne de compte une relation entre l'éclat et la vitesse. Il considère la méthode de Schwarzschild comme inférieure à celle de Kapteyn; cependant il a tenu à établir, pour le ciel entier et les cinq zones galactiques, les principales lois que l'on peut déduire des données modernes au moyen de cette méthode.

Dans le chapitre cinquième, l'auteur examine les recherches de Kapteyn. Il discute les hypothèses sur lesquelles s'appuie sa méthode et cherche à l'étendre également pour en déduire une loi des vitesses. Il tire alors des matériaux rassemblés au second chapitre deux lois principales pour le ciel tout entier et pour chacune des cinq zones galactiques.

Enfin, dans le dernier chapitre, il compare les résultats obtenus par la méthode de Schwarzschild et par celle de Kapteyn.

Cet ouvrage représente un travail remarquable de recherches sur la question, en fournissant dans une vue d'ensemble à la fois les documents, les travaux antérieurs et les résultats les plus probables. Il confirme les résultats de Kapteyn sur les courbes de luminosité pour chaque zone galactique, de même sur l'égale répartition dans le ciel des étoiles à grand et moyen mouvement propre et la condensation dans la région de la Voie Lactée des étoiles à faible mouvement propre. Ce dernier fait tient d'ailleurs à la condensation des étoiles faibles et éloignées au voisinage du plan de la Voie Lactée.

C'est un remarquable travail de statistique basé sur des lois mathématiques. Ces lois mêmes apparaissent comme trop mathématiques. La densité des étoiles dans le ciel est considérée comme une fonction de la distance au Soleil. On accorde ainsi au Soleil une position privilégiée. L'auteur établit des formules moyennes pour chacune des cinq zones parallèles à la Voie Lactée. Il y aurait lieu de distinguer les zones de chaque hémisphère séparément. Nous savons que les résultats statistiques n'y sont pas les mêmes.

Même dans chaque zone une formule moyenne peut faire disparaître des minimums et des maximums intéressants. C'est comme si on établissait des formules donnant l'altitude moyenne du sol à la surface de la Terre sur chaque parallèle en fonction de la latitude, sans tenir compte de la longitude. On n'aurait qu'une idée fausse du relief. Une simple carte ferait bien mieux notre affaire pour nous indiquer la répartition des étoiles d'après leur grandeur, leur mouvement propre, leur distance, leur spectre, etc. Il serait bon également de tenir compte de la direction des mouvements propres vers la Voie Lactée ou en dehors ou parallèlement. Les formules mathématiques ou simplificatrices ne sont que

des essais sur l'ensemble, qui ne peuvent mettre en évidence que des phénomènes se rapportant à l'ensemble. La carte du ciel en profondeur demande des sondages, des repérages précis en chaque point, tout comme la détermination géologique de notre sol.

ALEX. VÉRONNET,
Astronome à l'Observatoire de Strasbourg.

Bonhomme (J.), *Ingénieur des Arts et Manufactures.* — **Cours de Résistance des Matériaux.** — 1 *vol. in-8° de* VII-628 *p. avec* 461 *fig.* (*Prix :* 49 *fr.* 50). *Dunod et Pinat, éditeurs, Paris,* 1919.

Voici un nouveau livre après tant d'autres sur la Résistance des Matériaux.

Il n'apprendra rien évidemment à ceux qui ont déjà étudié les ouvrages classiques de Collignon, Bresse, Resal, de Fontviolant. Ce n'a pas été d'ailleurs l'ambition de l'auteur qui, en l'écrivant, s'est borné à présenter la matière du cours enseigné à l'Ecole Supérieure d'Aéronautique et du cours préparatoire à l'Ecole Supérieure d'Electricité, pour permettre à ses lecteurs d'aborder avec fruit les ouvrages des auteurs dont nous venons de rappeler les noms.

Vraisemblablement, il a aussi eu un autre objet, qui a été de mettre à la disposition des jeunes gens abordant les carrières techniques, un livre où ils puissent trouver, clairement exposées et logiquement rassemblées, les notions théoriques dont ils auront à faire des applications, et des exemples de ces dernières qui pourront leur servir de guide.

L'intention de l'auteur a donc été simplement d'écrire un ouvrage pratique. Dans ces conditions, nous regrettons qu'il n'ait pas trouvé de place pour y recueillir les diverses données numériques, éparses un peu partout, que l'ingénieur a parfois tant de mal à retrouver au moment où il en a précisément besoin, et dont la recherche énervante lui fait perdre beaucoup de temps. C'est une lacune que l'auteur pourra, ultérieurement, aisément combler et dont les lecteurs lui sauront gré.

Nous lui reprocherons encore de ne pas avoir signalé, tout au moins, les théorèmes de Castigliano et les théories modernes sur la Résistance des Matériaux dont parlait récemment la *Revue*, dans cette même rubrique, à l'occasion d'une brochure de M. Bertrand de Fontviolant et qu'il serait si profitable de diffuser en France.

Après les deux premières parties, d'un caractère théorique, où nous signalons, malgré son peu d'étendue, un chapitre trop sommaire sur la si importante question de l'utilisation de la similitude mécanique dans les projets, l'auteur passe aux applications.

Mais souhaitons déjà, si quelque jour sont publiés les intéressants travaux, sur la similitude, de feu M. Marbec, le distingué Ingénieur en chef du Génie Maritime, professeur à l'Ecole d'application, que l'auteur tâche d'en tirer parti puisqu'il a pris l'initiative, assez rare dans les ouvrages de cette nature, d'attirer l'attention sur cette théorie d'un intérêt capital pour l'inventeur et le mécanicien.

Ce Cours de Résistance des Matériaux se termine donc par des questions pratiques, et la troisième partie est, par suite, consacrée aux calculs des pièces de machines, la quatrième aux constructions électriques, enfin la cinquième et dernière aux calculs des appareils d'Aéronautique.

L. POTIN.

2° Sciences physiques

Makower (W.) et **Geiger** (H.), *Maîtres de conférences à l'Université de Manchester.* — **Mesures pratiques en Radioactivité.** — *Traduit de l'anglais par* E. PHILIPPI. — 1 *vol. in-8° de* VIII-182 *p. avec* 60 *fig.* (*Prix :* 12 *fr.*). *Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, Paris,* 1919.

Le livre de MM. Makower et Geiger est un ouvrage d'enseignement pratique, qui aura sa place à côté des traités classiques de Radioactivité de Mme Curie et du Professeur Rutherford. Les auteurs, qui ont fait de très intéressantes recherches en Radioactivité, sont particulièrement compétents ; ils ont travaillé au laboratoire du Professeur Rutherford, dont ils ont reçu des conseils pour la rédaction de leur livre, et leurs indications peuvent être suivies en toute confiance.

Ce livre n'est pas conçu comme une description d'une série de manipulations isolées. Il contient surtout les renseignements utiles pour l'emploi des divers appareils, les mesures les plus courantes, la préparation et la séparation des substances radioactives, et les expériences classiques.

Il peut donc être utilisé pour les manipulations et les mesures et aussi pour renseigner les chercheurs sur divers dispositifs expérimentaux dont il est quelquefois assez difficile de trouver la description détaillée.

Le premier chapitre traite de l'électromètre à quadrants et comprend une partie théorique suffisante pour les usages habituels dans la mesure des courants d'ionisation et la description de différentes méthodes de mesures. Il faut remarquer que la méthode du quartz piézoélectrique n'est pas décrite, quoiqu'elle soit maintenant très connue. Il est curieux que cette méthode, si commode et si avantageuse à bien des points de vue, soit seulement utilisée par les chercheurs qui ont passé par le Laboratoire de Radioactivité de Paris, où elle est presque uniquement employée. Cela résulte évidemment du fait qu'un apprentissage est nécessaire pour son emploi. Mais ceux qui ont fait ce petit apprentissage, qui dure à peine quelques jours, ont ensuite la plus grande répugnance à employer une autre méthode, car les résultats ne dépendent pas de la capacité des appareils, la valeur absolue est obtenue immédiatement, et la même installation permet de mesurer aussi bien des courants très faibles que des courants relativement intenses.

Le chapitre II concerne l'emploi des électroscopes, puis les auteurs passent successivement en revue les conditions d'ionisation des gaz, les propriétés des ions chargés, les divers rayonnements émis par les corps radioactifs, les transformations radioactives, la formation du dépôt actif, le recul radioactif, les mesures au moyen d'étalons, enfin la préparation et la séparation des diverses substances actives.

De nombreux détails, très utiles pour la réussite des mesures et des expériences, sont donnés en même temps que les indications théoriques nécessaires pour leur compréhension.

Des tables numériques, donnant les lois d'évolution des différentes substances actives, complètent heureusement le texte.

Les manipulations de Radioactivité ne sont pas encore organisées dans un grand nombre d'universités, et cela est évidemment regrettable, car elles sont très instructives et intéressent beaucoup les étudiants. Elles peuvent d'ailleurs être faites avec des moyens assez primitifs, en se servant uniquement d'électroscopes. La traduction française du livre de MM. Makower et Geiger, faite par M. Philippi, sera certainement très utile pour faciliter cette organisation.

A. DEBIERNE,
Professeur à l'Ecole de Physique et de Chimie de la Ville de Paris.

The Principles underlying Radiocommunication. (*Radio-pamplet n° 40 de l'U.-S. Army Signal Corps.*) — 1 *vol. in-16 de* 355 *p. avec* 268 *fig.* (*Prix cart. :* 55 *cents*). *Government Printing Office, Washington,* 1919.

Ce petit volume a été composé pendant la guerre sous les auspices des Services techniques de l'Armée américaine, pour servir à l'instruction des radiotélégraphistes militaires et des étudiants. C'est un résumé essentiellement pratique des connaissances nécessaires au personnel des équipes de sans fil, et il présente de grandes analogies avec les volumes similaires, et d'ailleurs excellents, publiés antérieurement par l'Armée française.

Toute la première moitié est consacrée aux principes généraux de l'Electromagnétisme : courants continus et courants alternatifs, moteurs et alternateurs. La télégraphie sans fil proprement dite y est donc condensée à l'extrême, et réduite à ses principes les plus simples. Les dernières pages seulement sont consacrées aux lampes à 3 électrodes et à leurs applications. L'exposé est d'ailleurs très clair, et profondément imprégné de l'esprit qui règne dans presque tous les travaux de ce genre aux Etats-Unis. L'ouvrage peut rendre de grands services aux débutants; il n'apprendra pas grand'chose aux sans filistes qui auront su profiter de l'enseignement donné dans l'Armée française.

Le format et la reliure de l'ouvrage sont des plus élégants ; la qualité de son papier nous rappelle un âge d'or qui semble aujourd'hui disparu d'Europe.

EUGÈNE BLOCH.

Jumau (L.), *Ingénieur-électricien.* — **Etude résumée des accumulateurs électriques.** — *1 vol. in-8° de 290 pages avec 124 figures (Prix : 22 fr. 50). Dunod, éditeur, Paris,* 1919.

Les propriétés des accumulateurs électriques dépendent essentiellement des conditions d'exploitation et des soins apportés à leur entretien; appréhendant des dépenses élevées, beaucoup d'exploitants hésitent à les employer, bien que leur usage s'impose. Au moment où les considérations économiques prennent dans l'industrie de plus en plus d'importance, il était utile de faire connaître aux praticiens l'influence des différents facteurs sur les qualités techniques d'une batterie, ainsi que les considérations qui doivent servir de guide dans une installation nouvelle.

Après avoir rappelé les lois de l'électrolyse, l'auteur expose la théorie de l'accumulateur au plomb et ses qualités techniques, puis il étudie les actions secondaires dont il est le siège : il met en évidence les facteurs qui influent sur la capacité d'un élément et la durée des plaques et limite les développements théoriques au minimum indispensable pour la compréhension du sujet.

Dans la description des différents types d'accumulateurs, la plus large part est réservée aux constructeurs français. Examinant les applications des batteries, l'auteur indique leur calcul, eu égard aux conditions particulières d'exploitation, les instructions à suivre dans le montage et l'installation, les prescriptions régissant leur emploi et leur entretien.

Parmi les accumulateurs autres que les accumulateurs au plomb, une mention particulière est réservée à l'élément fer-nickel ; bien qu'il ait reçu en Amérique des applications importantes, il ne semble pas donner des résultats supérieurs à ceux atteints avec l'élément au plomb.

Pour présenter aux industriels la théorie et la pratique des accumulateurs électriques, nul n'était plus qualifié que M. Jumau : sa compétence reconnue par les techniciens, le très grand succès de son traité sur « Les accumulateurs électriques » (plus particulièrement destiné aux spécialistes en la matière) sont autant de titres qui recommandent à l'attention des ingénieurs-électriciens ce nouvel ouvrage.

A. LANGE.

Escard (Jean), *Ingénieur civil.* — **Les Fours électriques industriels et les Fabrications électrothermiques.** — *1 vol. in-8° de* VIII-652 *p. avec 250 fig. et 40 pl. (Prix : 60 fr.). H. Dunod et E. Pinat, Paris,* 1919.

Ce livre (et malheureusement le dernier) écrit par M. Jean Escard est une remarquable étude d'ensemble des fours électriques industriels et des diverses fabrications qu'ils permettent de réaliser. Après avoir examiné dans un premier chapitre les types généraux des fours électriques industriels, les installations et la manière de conduire les divers appareils, l'auteur énumère dans un second chapitre les qualités que doivent posséder les électrodes et leurs modes de préparation.

Le troisième chapitre est consacré à l'extraction des métaux encore peu préparés au four électrique ou dont le tonnage est faible (baryum, calcium, glucinium, étain, plomb, cuivre, nickel, or...) ; la composition des bains, les rendements s'y trouvent mentionnés. Des chapitres spéciaux, très développés, se rapportent, l'un à la métallurgie électrothermique du zinc, les deux autres à celle de l'aluminium, des fontes et aciers. Ce dernier, de beaucoup le plus important, résume bien la question.

Dans le chapitre VII sont décrits les alliages et composés métalliques (carbures, azotures, borures...) dont le four électrique a doté l'industrie. Les ferro-alliages, dont l'importance est si grande en métallurgie, sont examinés dans le chapitre suivant.

Le carborundum et les produits dérivés (silundum, siloxicon), les produits nitrés synthétiques sont étudiés dans les chapitres IX et X ; ce dernier est tout particulièrement intéressant.

Sous le nom de produits électrothermiques à base d'oxydes, l'auteur désigne l'alumine et les émeris artificiels, la baryte, la glucine, le quartz fondu. Les renseignements relatifs à ces substances ont été recueillis avec beaucoup de soin.

Un dernier chapitre est consacré à l'étude de matières diverses qui, si elles ne sont pas toujours préparées directement au four électrique, comme l'hydrogène, s'obtiennent cependant à l'aide de produits élaborés au four électrique. Dans ce chapitre sont décrits la préparation du phosphore, du graphite, du chlorure de carbone, le traitement des ciments, etc.

En annexe se trouve le texte du décret relatif à la concession des usines hydrauliques sur les cours d'eau du domaine public du 17 avril 1918.

De nombreuses figures et de belles photographies illustrent cet ouvrage, le meilleur peut-être de ceux qu'ait écrits M. Jean Escard, à qui nous devons déjà tant de livres intéressants et documentés.

Paul NICOLARDOT,
Docteur ès sciences, Examinateur d'admission et Répétiteur à l'Ecole Polytechnique.

Levasseur (Alb.), *Professeur d'Electrochimie et d'Electrométallurgie à l'Ecole d'Electricité et de Mécanique industrielles de Paris et à l'Ecole Bréguet.* — **L'Electrochimie et l'Electrométallurgie.** *2e édition, revue et augmentée. — 1 vol. in-8° de 267 pages, avec 43 fig. (Prix : 12 fr.). Dunod, éditeur, Paris,* 1919.

L'auteur connaît bien son sujet et, nonobstant les dimensions exiguës de sa plaquette, le développe d'une façon complète et bien ordonnée.

On regrettera toutefois de ne pas trouver plus de critique à l'endroit des méthodes de mesure, ni d'indications relatives aux rendements, densités de courant, compositions quantitatives du bain, à propos de l'électrolyse industrielle par voie humide. Il ne suffit pas de dire à de futurs industriels qu'on vient d'initier à la méthode de Kohlrausch : « Cette méthode est très employée dans l'industrie, mais les résultats qu'elle donne ne sont pas très précis. » D'abord, c'est faire croire que l'industriel n'emploie que des méthodes approximatives, alors qu'il peut dépendre du degré d'exactitude de ses mesures de le conduire à la fortune ou à la ruine ; et puis il eût été opportun d'indiquer les endroits par où pèche cette méthode et, si possible, les remèdes.

A propos de la mention des surtensions, on aurait pu s'attendre à voir figurer les différentes valeurs que prennent les tensions de polarisation de l'hydrogène et de l'oxygène se dégageant sur des métaux différents ; cela aurait permis à l'auteur de montrer quantitativement que, suivant le choix des électrodes, on peut électrolyser l'eau avec 1,3 v. ou 2,5 v.

Les 42 premières pages sont consacrées au « Rappel de quelques connaissances générales particulièrement

importantes pour la lecture ou l'utilisation de l'ouvrage », rappel qui n'a guère été utilisé au cours de l'ouvrage et qui est d'ailleurs plus que sommaire puisqu'il comprend en si peu de pages : la Thermodynamique, la Physicochimie, la vitesse des réactions, la Thermochimie, la Statique chimique (équilibres chimiques et loi des phases).

Il est dommage que l'auteur se soit abstenu d'indiquer ses références bibliographiques, toujours bonnes à connaître pour ceux qui voudraient pousser plus avant tel ou tel point particulier du sujet.

A. Hollard,
Docteur ès sciences.

Hollard (A.) et **Bertiaux** (L.). — **Analyse des métaux par électrolyse.** *Troisième édition.* — 1 *vol. in-8° de 232 pages avec 20 fig.* (*Prix* : 18 *fr.* 75). *H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, Paris,* 1919.

Peu d'ouvrages d'analyse chimique ont connu la vogue, très justifiée d'ailleurs, du traité de MM. Hollard et Bertiaux. Une des raisons en est que les méthodes qu'il indique, et dont plusieurs ont été imaginées par les auteurs, sont toutes éprouvées par la pratique, ce qui fait que le chimiste qui a à les appliquer peut le faire en toute confiance.

Une des caractéristiques de cet ouvrage est la classification rationnelle des métaux, qui met en évidence les principes pouvant servir de base aux essais de séparation par voie électrolytique. C'est l'objet de la première partie de l'ouvrage, qui en constitue en somme la partie théorique. Dans la deuxième partie sont exposées les méthodes de dosage individuel des métaux et de séparation les uns des autres.

Cette troisième édition est la reproduction de l'édition précédente sans modifications importantes. Il semble même que les auteurs auraient pu donner quelques détails sur les électrodes mobiles, ou sur l'électrolyse dans un champ magnétique, dispositifs très en vogue dans certains laboratoires ; l'opinion des auteurs sur la valeur de ces dispositifs aurait été intéressante à connaître.

Il serait oiseux de s'étendre sur les mérites de cet ouvrage, qui est l'ouvrage classique par excellence pour l'analyse des métaux par voie électrolytique.

M. Desmarets.

3° Sciences naturelles

Bayliss (W. M.), *Professeur de Physiologie à University College* (Londres). — **Intravenous injection in wound shock** (Les injections intra-veineuses dans le choc des blessés). — 1 *vol. in-8° de 175 p. avec 59 fig.* (*Prix. cart.* : 9 *sh.*). *Longmans, Green and Co, éditeurs, Londres,* 1918.

L'auteur montre tout d'abord que, si la cause première du choc est encore indéterminée, on peut cependant éliminer toute une série de causes : l'acapnie, l'épuisement surrénal et l'épuisement des centres nerveux, un affaiblissement des contractions cardiaques, une paralysie des vaisseaux splanchniques.

Un fait est certain : il existe toujours dans le choc une perte de sang, soit que cette perte se soit faite à l'extérieur par hémorragie, soit qu'elle se soit faite à l'intérieur par accumulation du sang en certaines parties du corps, phénomène que Cannon désigne sous le nom « d'exhémie ».

Il en résulte un abaissement de la pression artérielle qui, comme l'a montré Dolley, amène des troubles dans le fonctionnement des cellules nerveuses. Grave par lui-même, cet abaissement de pression est encore aggravé par toute une série d'autres facteurs qui, sans gravité par eux-mêmes, le deviennent par leur association avec une hémorragie même faible. Ces facteurs sont : les lésions des muscles, l'exposition au froid, les anesthésiques.

Aussi, la première indication dans le choc est-elle de relever la pression artérielle, et l'auteur passe en revue, en en faisant la critique, tous les procédés qui ont été préconisés pour relever cette pression.

L'emploi de substances vaso-constrictives ne peut suppléer au sang qui fait défaut. Seul l'emploi d'injections intraveineuses de liquides appropriés peut remédier à l'insuffisance du sang circulant.

Evidemment, sans aucune contestation, le sang est ce qu'il y a de mieux, mais la transfusion est d'une technique délicate, il est difficile de trouver des donneurs et d'obtenir une quantité de sang suffisante. Le problème consiste donc à trouver une solution artificielle capable de remplacer le sang, l'expérience ayant montré qu'il existe une réserve importante d'hémoglobine et que l'on peut sans inconvénient diluer considérablement le sang, à condition de maintenir le repos.

Les solutions salines isotoniques (solution de Ringer) ne donnent pas de bons résultats par suite de leur manque de viscosité; elles ne restent pas en circulation et ont disparu au bout d'une demi-heure environ.

Il en est de même des solutions salines hypertoniques (20 °/₀₀ de NaCl), qui de plus sont dangereuses, car elles semblent provoquer une importante diminution d'hémoglobine.

Les solutions de glucose sont également inefficaces, le sucre du sang étant au-dessus de la normale chez les choqués.

Puisque l'acidose serait pour certains auteurs la cause de l'état de choc, on a préconisé l'emploi de solutions bicarbonatées, mais en réalité l'acidose du choc est le plus souvent inoffensive ; bien plus, elle est quelquefois profitable en augmentant la réserve d'oxygène par la stimulation de la ventilation pulmonaire.

Le gros défaut de toutes les solutions salines est leur manque de viscosité. On a cherché à y remédier en leur substituant toute une série de substances : de fortes solutions de glucose et de glycérine ont une viscosité suffisante, mais leur diffusion est très rapide et elles exercent une influence néfaste sur le cœur et sur les globules rouges. Les solutions renfermant des protéines ont deux sérieux inconvénients : elles sont dangereuses pour le rein, elles occasionnent des accidents anaphylactiques. La gélatine a l'inconvénient de renfermer quelquefois le bacille du tétanos et, ce qui est plus grave, d'obstruer la circulation intravasculaire par la formation de caillots. La substance de choix est la gomme ; elle doit être employée à 6 ou 7 °/₀ dans 9 °/₀₀ de NaCl. La gomme est absolument inoffensive. Ses solutions sont facilement stérilisables, elles ne s'altèrent pas facilement à l'air libre par suite de l'absence de composés azotés et n'occasionnent pas d'accidents anaphylactiques, car elles ne renferment pas de protéines. Comme il est difficile d'évaluer la quantité de sang perdue, il est préférable, pour l'estimation de la dose à injecter, de se fier à l'élévation de la pression. Il faut donc injecter une première fois 500 cm³ et faire une seconde injection équivalente, une demi-heure ou une heure après, si le résultat désiré n'a pas été obtenu.

Ce court résumé ne donne qu'une idée très imparfaite du remarquable ouvrage de Bayliss.

Très documenté, il abonde en faits précis, en expériences démonstratives. C'est beaucoup plus un recueil de toutes les questions concernant la pression sanguine, qu'une étude sur les injections intraveineuses dans le choc.

L'œuvre est à lire en entier.

P. Brodin.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 16 Février 1920

M. G. **Ciamician** est élu Associé étranger en remplacement de Sir William Ramsay, décédé. — M. L. **Bianchi** est élu Correspondant pour la Section de Géométrie, en remplacement de M. Volterra, élu associé étranger. — M. le Secrétaire perpétuel annonce le décès de M. **Zeuthen**, Correspondant pour la Section de Géométrie.

1° Sciences mathématiques. — M. A. **Rateau** : *Sur les plus grandes distances franchissables par les avions et les plus grandes vitesses réalisables.* Au moyen de ses formules générales de l'avion, l'auteur montre que, s'il apparaît possible de dépasser, sans escale, 5.000 km. et même 6.000 km., par contre il est douteux que l'on puisse atteindre 7.000 km. L'ordre de grandeur de la limite de vitesse qu'il est permis d'envisager dans les conditions présentes est de 128,5 m. par seconde, soit 463 km. à l'heure; mais ces énormes vitesses ne sont vraiment réalisables qu'aux très hautes altitudes. — M. B. de **Fontviolant** : *Calcul des ponts circulaires, comportant un seul contreventement et des entretoisements transversaux dans toute leur longueur.* L'auteur démontre le théorème suivant, qui doit faciliter beaucoup le calcul des ponts circulaires : Quelles que soient les charges appliquées sur un pont circulaire, de portée curviligne l, en une section transversale quelconque, d'abscisse curviligne s, l'effort tranchant du pont T et le moment composé S sont respectivement égaux à l'effort tranchant et au moment de flexion produits dans la section, d'abscisse rectiligne s, d'une poutre droite, de portée l, posée sur deux appuis simples, par les mêmes charges distribuées de façon que leurs abscisses rectilignes sur cette poutre soient égales à leurs abscisses curvilignes sur le pont. — M. J. **Boccardi** : *Essai sur une variation diurne de la latitude.* L'auteur a fait à l'Observatoire royal de Pino Torinese des déterminations systématiques de la latitude par plusieurs étoiles culminant très près du zénith et se suivant à quelques heures d'intervalle. De l'ensemble des observations il résulte que la latitude du pavillon du premier vertical subit une variation diurne qu'on peut exprimer par la formule $\mu \cos(\nu + \theta')$, où μ est une valeur constante qu'on peut fixer entre 0",07 et 0",05, ν est un arc correspondant à la phase initiale, c'est-à-dire à l'instant $0^h 0^m 0^s$ de temps sidéral d'une époque d'origine, et θ' le temps sidéral exprimé en arc. Cette formule représente bien les écarts observés qui vont jusqu'à 0",120 et parfois 0",145.

2° Sciences physiques. — M. S. **Procopiu** : *Sur les spectres des réseaux de diffraction, dans le cas où la lumière incidente est oblique par rapport au plan principal des traits.* Si, après avoir disposé un réseau de diffraction à la manière ordinaire, de façon à obtenir des spectres, on vient à incliner ce réseau, en le faisant tourner autour d'un axe contenu dans son plan, et perpendiculaire aux traits, on constate les faits suivants : Les spectres des divers ordres subsistent; mais les bords qui les limitent, au lieu de rester rectilignes, deviennent curvilignes et prennent les formes de courbes sensiblement paraboliques, ayant leurs sommets sur les taches centrales. Ces paraboles ne dépendent ni de l'élément du réseau, ni de la longueur des traits, mais seulement de l'inclinaison du réseau et de la distance focale de l'objectif. — M. A. **Pérard** : *Sur un procédé pour la comparaison et la mesure en valeur absolue des étalons à bouts plans, au moyen des interférences lumineuses.* On colle l'étalon à mesurer sur un plan d'acier assez étendu pour le déborder, de part et d'autre, et l'on dispose contre la face extérieure de l'étalon un plan de référence en verre. En faisant tomber sur l'ensemble un faisceau de lumière monochromatique, on peut obtenir des franges de Fizeau, non seulement entre le plan de verre et la surface de l'étalon, mais encore entre ce même plan et la région libre du plan d'acier. Ce double phénomène permet d'évaluer en longueurs d'onde les épaisseurs des deux lames d'air, et de déterminer par différence la valeur de l'étalon. Le même appareil permet aussi de comparer un étalon P, quelle que soit sa longueur, à la moyenne de deux autres A et B de grandeurs voisines. — M. F. **Canac** : *Détermination des paramètres d'un cristal par les rayons X.* Un faisceau de rayons X étant perpendiculaire à un axe de symétrie d'un cristal, et le cristal tournant autour de cet axe, la détermination des rotations successives à donner au cristal pour amener dans la même direction les divers rayons réfléchis par les plans réticulaires passant par l'axe permet de déterminer les paramètres du cristal. Une deuxième méthode de mesure consiste, en considérant toujours les mêmes plans, à envoyer les rayons incidents presque parallèlement à l'axe; les rayons réfléchis se disposent suivant un cône de révolution ayant pour axe l'axe considéré et pour génératrice le prolongement du rayon incident. L'angle $\alpha_{p/q}$ du plan passant par le point d'abscisse pa et l'ordonnée qb (a et b étant les constantes de la maille considérée) est tel que

$$\frac{q}{p} \cot \alpha_{p/q} = \frac{a}{b}.$$

— MM. Ch. **Boulin** et L. J. **Simon** : *Action de l'eau sur le sulfate diméthylique.* En agitant de l'eau avec une petite quantité de sulfate diméthylique, celui-ci finit par disparaître en donnant du sulfate acide de méthyle et de l'alcool méthylique. En présence d'une plus grande quantité d'éther, il se forme également de l'acide sulfurique et de l'oxyde de méthyle; cette réaction finit même par devenir prépondérante, et l'acidité du mélange se montre proportionnelle au temps.

3° Sciences naturelles. — M. **Zeil** : *Les mouvements ascensionnels de l'écorce terrestre et l'évolution des êtres fossiles.* L'auteur a montré récemment (voir p. 3) que l'écorce terrestre évolue lentement par une succession de réajustements brusques séparés par de longues phases de faux équilibre. Il en résulte qu'un organisme vivant sur une surface continentale, sur les rivages ou à l'intérieur de la mer épicontinentale, devra, pour s'y perpétuer, s'adapter à la fois à l'évolution lente de son habitat et aux évolutions intermittentes provoquées par ses oscillations périodiques. Ainsi l'évolution des êtres fossiles présenterait deux mécanismes distincts : l'un *continu*, et pour ainsi dire normal, par lequel les rameaux phylétiques une fois formés se développent lentement et par mutations graduelles, suivant certaines lois qui les conduisent fatalement à la sénilité et à l'extinction; l'autre *intermittent*, par lequel des rameaux prennent naissance en divergeant des rameaux plus anciens et déjà plus ou moins évolués. Ces vues présentent de grandes analogies avec celles de M. Depéret. — M. G. **Denizot** : *Existence de deux pénéplaines dans le Bassin de Paris; la pénéplaine supérieure.* L'auteur substitue, pour le bassin de Paris, à la conception d'une pénéplaine unique déformée, exigeant des déformations intenses, celle de deux pénéplaines consécutives. La pénéplaine supérieure est constituée par les plateaux élevés du Boulonnais, de la Haute-Normandie, de la bordure de l'Ile de France, du Perche, les collines de Bretagne, la gâtine de Vendée, les plateaux du Sancerrois, de la Puisaye, le Pays d'Othe, etc. Cette pénéplaine est comprise entre la meulière de Montmorency (Chattien) et les faluns de Touraine (Vindobonien); elle paraît être l'œuvre de l'Aquitanien. — MM. P. **Guérin** et Ch. **Lormand** : *Action du chlore et de diverses vapeurs sur les végétaux.* La plupart des plantes maintenues

pendant une heure, parfois 2 h., dans une atmosphère à 1/2.000e de chlore, de palite, de bromacétone, de chloropicrine ou d'ypérite, résistent à l'action de ces corps. Elles perdent leurs feuilles, mais de nouvelles apparaissent, après un temps plus ou moins long, et la plante finit par reprendre sa végétation normale. Les feuilles meurent par suite de plasmolyse, c'est-à-dire de contraction protoplasmique; ce phénomène, très rapide avec le chlore, est particulièrement lent à se produire avec l'ypérite, dans les conditions de l'expérience. — M. H. **Coupin** : *Sur la production de la chlorophylle par les végétaux exposés à une lumière discontinue.* Le temps durant lequel les végétaux doivent être exposés, chaque jour, à la lumière pour que la chlorophylle commence à y apparaître est très variable d'une espèce à l'autre : 25 min. (potiron) à 2.400 min. (pois). Les parties qui contiennent, dans leurs tissus mêmes, d'abondantes substances de réserve (cotylédons du potiron, du lupin blanc, de la luzerne, etc.) verdissent rapidement. Les parties qui verdissent le moins sont celles qui ne contiennent pas ou presque pas de matière de réserve (feuilles du pois, blé, maïs, etc.). — M. L. **Mercier** : *Variations de place chez le* Corophium volutator *Pall.* L'auteur a observé des différences morphologiques très nettes entre les exemplaires de ce Crustacé Amphipode récoltés en diverses stations de la Manche et de l'Atlantique : polymorphisme de la taille chez les individus aptes à la reproduction, différences de pigmentation, variabilité du nombre des épines au bord inférieur du premier article de chacune des antennes de la première paire. Toutes ces différences doivent rentrer dans le cadre de la variation de place. — M. Ed. **Chatton** : *Existence chez les Radiolaires de Péridiniens parasites considérés comme forme de reproduction de leurs hôtes.* L'auteur montre que les seules spores que l'on puisse légitimement attribuer aux Radiolaires sont les spores piriformes à deux flagelles polaires et subégaux (isospores). Les autres spores réniformes à deux flagelles inégaux (anisospores) attribuées aux Radiolaires seraient, en réalité, les dinospores de Péridiniens parasites des Radiolaires, probablement des *Syndinium.* — M. J. **Amar** : *Indice d'endurance respiratoire.* L'auteur appelle « indice d'endurance respiratoire » le rapport de la capacité vitale — volume d'air qui traverse les poumons entre l'inspiration la plus profonde et la plus complète expiration — au poids du corps. Il représente la puissance massique du moteur vivant, et son rôle est essentiel dans la dépense de force pour un exercice soutenu ou violent. Cet indice a pour limite inférieure normale 5; il varie de 5,5 à 6 pour les sujets robustes. Au dessous de 5, la constitution est débile ou maladive. A partir de 4, c'est un état prétuberculeux, ou même tuberculeux, soit acquis, soit héréditaire.

Séance du 23 Février 1919

M. A. **Michelson** est élu Associé étranger en remplacement de Lord Rayleigh, décédé. — M. C. **Viguier** est élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, en remplacement de M. G. Retzius, décédé.

1° Sciences mathématiques. — M. Ch. **Rabut** : *Sur les bétons légers; calcul de l'augmentation de puissance que leur emploi procure à l'art de bâtir.* Dans les constructions en maçonnerie ou en béton, le poids mort est presque toujours une cause de fatigue, donc de dépense, que l'on a depuis longtemps combattue, d'abord par l'évidement des massifs, puis par l'emploi de liants plus résistants, plus tard par l'introduction d'armatures métalliques, enfin par le choix de pierres légères. L'auteur a déjà établi que, pour une même teneur en ciment après contraction, le béton de mâchefer est généralement plus résistant que le béton de gravier tout en pesant 30 à 40 % de moins. Il montre aujourd'hui que les limites extrêmes actuellement atteintes pour l'ouverture, la hauteur, etc., des grands ouvrages peuvent d'ores et déjà être relevées considérablement par l'emploi de bétons légers, armés ou non.

2° Sciences physiques. — M. P. **Le Rolland** : *De l'influence de la déformation du couteau et du plan de suspension sur la durée des oscillations du pendule.* Le roulement du couteau sur le plan de suspension dans le pendule est accompagné de variations dans l'isochronisme des oscillations, non prévues par la théorie ordinairement admise. Il ne s'agit pas, comme l'a supposé Bessel, de l'influence sur le mouvement d'une figure déterminée et rigide de l'arête, ni d'une force élastique du support. L'effet est dû à la déformation mutuelle du couteau et du plan. Les quelques auteurs qui ont signalé des anomalies de ce genre dans les observations du pendule ont corrigé empiriquement les durées des grandes oscillations. L'expérience montre qu'au contraire la correction doit porter sur les petites oscillations. Cette correction ne peut être prévue *a priori.* — M. H. **Georges** : *Un nouvel arc à mercure à courant alternatif.* La lampe est constituée en principe par un tube illuminant en quartz aux extrémités duquel sont soudés des réservoirs contenant une quantité de mercure extrêmement faible, auxquels aboutissent les électrodes. La lampe contient une atmosphère de gaz rare dont la pression est supérieure à 1 cm. de mercure. Elle est montée aux bornes du secondaire d'un transformateur dont le circuit primaire contient une bobine de self; mieux encore on peut employer un transformateur à fuites. Dans ces conditions, l'allumage de la lampe est réalisé par simple fermeture du circuit primaire. En quelques secondes on passe de la luminescence dans le gaz inerte à celle dans la vapeur de mercure. — M. L. **Guillet** : *Sur les alliages de cuivre, de zinc et de nickel.* Les laitons au nickel, dans lesquels la teneur en cuivre peut tomber à 40 % et même moins, et le pourcentage en nickel atteindre 15 %, présentent un intérêt tout à fait remarquable par leurs propriétés mécaniques (charge de rupture variant de 45 à 75 kg. avec des allongements de 45 à 48 %), leur couleur allant du jaune pâle au blanc, leur inoxydabilité comparable à celle des maillechorts et leur grande facilité de forgeage à température élevée. — MM. M. **Tiffeneau** et A. **Orekhoff** : *Transposition phénylique dans la série tétrahydronaphtalénique.* La transposition phénylique, qui consiste en une migration du radical aromatique se produisant sans aucune nécessité structurale évidente (différence avec la transposition pinacolique), n'a jusqu'ici été réalisée qu'avec des composés aromatiques à chaîne ouverte. Les auteurs ont constaté que, sous l'influence du nitrate d'argent éliminateur de HI, l'iodhydrine dérivée du glycol β-dihydronaphtalénique subit cette même transposition en donnant une aldéhyde Eb. 135° sous 30 mm. L'iodhydrine du $\beta\beta$-glycol isomère ne donne pas lieu à transposition.

3° Sciences naturelles. — M. W. **Kilian** : *Sur la répartition des faciès du Paléocrétacé dans les unités structurales du sud-est de la France.* On peut distinguer dans les dépôts paléocrétacés du SE de la France : 1° Une région géosynclinale de facies vaseux bathyal à Céphalopodes, puissante et continue, sans lacunes stratigraphiques, comprenant une partie des Basses-Alpes et se continuant par la fosse vocontienne de Paquier dans le Diois et les Baronnies, au nord de Castellane, et dans le nord des Alpes maritimes. 2° Cette région est reliée par des passages ménagés et graduels : *a*) au N, au type mixte du Dauphiné; *b*) au SW, au type provençal avec facies urgonien; *c*) à l'W, au type rhodanien. Au SE et au S, par contre, elle chevauche sans interposition de facies intermédiaire, et par suite de dislocations tectoniques, sur l'ensemble suivant : 3° Une région à faciès néritique du type provençal, elle-même charriée du S vers le N, en partie reprise au SE par les mouvements alpins et composée de plusieurs nappes ou digitations reconnues dans la Basse Provence et pouvant être suivies dans les Alpes maritimes. — MM. L. **Maquenne** et E. **Demoussy** : *Sur l'absorption du calcium par les racines des plantes et ses propriétés antitoxiques vis-à-vis du cuivre.* 1° Le calcium, même en excès, ne s'oppose pas à l'absorption du cuivre par la racine des plantes, ni à sa diffusion dans leurs organes

aériens ; ce n'est donc pas parce qu'il fait obstacle à sa pénétration qu'il agit comme antidote du cuivre. 2° La présence du cuivre n'empêche pas l'assimilation du calcium; ce n'est donc pas parce qu'il prive la jeune plante d'un de ses aliments essentiels que ce métal est vénéneux. 3° L'action antitoxique du calcium est d'ordre physiologique; elle tient surtout à ce que ce métal, en favorisant l'évolution de la plante, lui donne une plus grande vigueur et, en particulier, augmente le volume dans lequel s'exerce la diffusion du cuivre, empêchant ainsi, entre certaines limites, toute accumulation dangereuse de ce dernier. — M. L. **Emberger** : *Evolution du chondriome dans la formation du sporange chez les Fougères.* A tous les stades de la formation du sporange, on remarque les deux variétés de mitochondries signalées par l'auteur dans l'étude de la racine : des plastides, qui ont la même forme, les mêmes caractères histochimiques ordinaires, et ne peuvent être considérés que comme des mitochondries, et d'autres mitochondries qui ne prennent pas part à la formation de l'amidon et de la chlorophylle. Ces deux variétés se distinguent par des dimensions et une chromophilie un peu différente. — M. J. **Pottier** : *Sur la généralité de l'asymétrie foliaire chez les Mousses.* L'auteur a coupé au microtome une pointe de tige de *Leucobryum vulgare* entourée de ses feuilles. Pour chacune de ces feuilles, la partie droite est la plus allongée, et aussi la plus différenciée, c'est-à-dire compte le plus grand nombre de cellules. De plus, chaque feuille subit une torsion, et vers la pointe elle tourne le dos à la tige ; cette torsion a été amenée par le plus grand développement du côté droit de la feuille. — M. **Pierre Dangeard** : *Sur l'évolution du système vacuolaire chez les Gymnospermes.* L'auteur a pu suivre l'évolution du vacuome chez quelques Gymnospermes. La métachromatine existe dans les cellules jeunes sous forme de grains ou de globules très ténus qui plus tard s'accroissent, se gonflent, se soudent entre eux et se disposent en réseau autour du noyau; ce réseau se transforme ensuite en grosses vacuoles. La forme de ce système varie assez rapidement sous l'influence des mouvements et des pressions qui s'exercent au sein du cytoplasme. Cet aspect rappelle celui qui a été décrit par Golgi sous le nom d'appareil réticulaire interne dans les cellules nerveuses. Ce vacuome des Gymnospermes renferme en solution une substance épaisse et réfringente: cette substance se colore en noir par les sels de fer et par l'acide osmique ; le bichromate de potasse la précipite en brun rougeâtre ; elle semble donc voisine des tanins. — M. Y. **Delage** : *Suggestion sur la raison d'être de la double* fovea *des Rapaces diurnes.* La *fovea* surnuméraire fournit à l'oiseau un rayon de vision nette dirigé, non plus transversalement comme celui de la *fovea* principale, mais sensiblement en avant, vision qui est rendue nécessaire pour lui, en raison de ses mœurs, par l'obligation de tomber à grande vitesse sur le point précis qu'occupe sa proie. C'est la raison d'être de sa *fovea* surnuméraire. — M. P. **Portier** et Mlle L. **Randoin** : *Création de vitamines dans l'intestin des lapins recevant une nourriture stérilisée à haute température.* D'expériences sur les Mammifères et les Oiseaux, il semble bien qu'on puisse conclure qu'il y a création de vitamines dans l'intestin d'un animal soumis à un régime dévitaminisé. Il est probable que ce sont les bactéries intestinales qui sont les agents d'édification de ces vitamines.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 17 *Février* 1920

MM. V. **Balthazard** et **Piédelièvre** : *La mort du fœtus par submersion intra-utérine.* La présence de nombreux éléments du liquide amniotique et surtout la présence de débris de méconium dans les voies respiratoires ou dans les poumons d'un enfant mort-né, ou d'un nouveau-né n'ayant respiré que d'une façon incomplète, permet d'attribuer la mort à une asphyxie intra-utérine, accompagnée de submersion. De pareilles conclusions ne peuvent plus être formulées lorsque les débris provenant du liquide amniotique ne sont trouvés dans les poumons qu'en quantité minime et seulement dans certains territoires pulmonaires, car il s'agit alors d'une constatation banale, l'aspiration du liquide amniotique contenu dans les fosses nasales étant constante lors des premiers mouvements d'inspiration après la naissance, surtout dans les accouchements clandestins. D'où la nécessité, pour apprécier les causes de la mort d'un nouveau-né, de procéder à l'examen histologique des poumons, à l'aide des techniques décrites par les auteurs.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 14 *Février* 1920

M. E. **Leblanc** : *Sur l'anatomie comparée du plexus choroïde du* IVe *ventricule, des Sélaciens aux Reptiles.* Il existe une complication progressive du plexus du IVe ventricule, allant des Sélaciens aux Reptiles, depuis l'appareil rudimentaire du *Mustelus vulgaris* jusqu'à l'efflorescence complexe et peu touffue de l'*Emys leprosa* ; le rappel du type primitif est réalisé chez les Amphibiens comme chez les Reptiles. — MM. A. **Lacoste** et R. **Lamarque** : *Structure des cloisons interlobulaires du foie du chameau.* Il existe dans les cloisons interlobulaires du foie très nettement lobulé du chameau des perforations indépendantes les unes des autres. Les premières, larges et rares, assurent entre les lobules des communications importantes; les autres, petites et nombreuses, sont occupées par des travées anastomotiques et interlobulaires infiniment plus réduites. A ce titre déjà, le foie lobulé du Chameau diffère notablement du foie lobulé du Porc, auquel il ressemble étonnamment à un examen superficiel. — M. L. **Dreyfus** : *De l'intoxication rectale par les acides.* Les expériences de l'auteur montrent que les acides sont très toxiques dans le rectum, beaucoup plus que dans l'estomac. S'il est vrai que la réaction des fèces à l'état normal est faiblement acide ou neutre, elle est souvent modifiée par le régime. Un régime hydrocarboné exclusif ou trop abondant détermine une réaction fortement acide, un régime riche en graisse de même. La réalité de l'intoxication rectale par les acides doit être tenue pour certaine. — M. M. **Molliard** : *Tubérisation aseptique de la carotte et du dahlia.* Contrairement aux idées de N. Bernard, et pourvu que la nutrition s'effectue dans de bonnes conditions, on peut obtenir des tubercules chez la carotte et chez le dahlia à l'abri de tout microorganisme. La tubérisation apparaît alors comme correspondant simplement à un emmagasinement normal de réserves. On peut toutefois invoquer encore un phénomène d'hérédité qui pourrait consister dans la transmission d'organismes symbiotiques qu'on n'aurait pu mettre en évidence dans les tissus. — Mme M. **Parhon** : *Sur la teneur en glycogène du foie et des muscles chez les animaux thyroparathyroïdectomisés.* Le foie et les muscles de ces animaux contiennent moins de glycogène que les témoins : 13 fois moins pour le foie, 3,5 fois moins pour les muscles. Il y a d'abord, par suite des convulsions cloniques, consommation exagérée des réserves hydrocarbonées de la part des muscles, et cet état retentit sur le foie, qui est chargé de fournir aux muscles le glycose nécessaire à leurs dépenses énergétiques. — M. N. **Fiessinger** : *L'immunisation antituberculeuse de la mite d'abeille.* Metchnikoff et Metalnikoff ont montré que la mite d'abeille, *Calleria melonella*, est immunisée contre le bacille de Koch. D'après l'auteur, il ne semble pas exister, dans le corps de la mite, de substance nettement bacillolytique. Le bacille tuberculeux injecté est rendu inoffensif, il s'enkyste et perd son acidophilie ; mais il n'est pas détruit du moins pendant les premières heures.

Séance du 21 *Février* 1920

M. J. L. **Pech** : *Un facteur méconnu de la vision en relief.* Lorsqu'un ensemble d'objets occupe la totalité du

champ visuel, les contours des objets situés à la périphérie donnent sur la rétine des images légèrement distordues, et l'image d'une ligne droite, dans ces conditions, est un segment d'hyperbole. En considérant un objet se rapprochant progressivement d'un œil observateur, l'image formée sur la rétine sera d'autant plus grande que l'objet sera plus près; mais en même temps la distorsion de l'image augmentera en raison inverse de la distance de l'objet. L'auteur estime qu'à la suite de l'éducation visuelle progressive que nous subissons depuis notre naissance, cette distorsion des images nous sert à situer un objet dans l'espace et qu'elle constitue un facteur méconnu de la vision en relief. — MM. **L. Matruchot** et **P. Sée** : *Action de la chloropicrine sur des moisissures diverses.* Les champignons les plus fragiles sont l'*Hypomyces*, tué sûrement au bout de 30 min.; le *Mucor* et le *Botrytis*, tués au bout de 3 h. 1/2; viennent ensuite le *Nocardia*, le *Penicillium*, l'*Amblyosporium* et le *Chaetomium*, qui meurent après un temps de contact supérieur à 5 h. 40 et inférieur à 8 h. On peut conclure de ces résultats que la chloropicrine permet d'obtenir la désinfection certaine d'une enceinte, quant aux moisissures que celle-ci peut renfermer. — M. **P. Remlinger** : *Accidents paralytiques d'origine médullaire provoqués chez le lapin par des inoculations de substance nerveuse normale homologue.* L'auteur a montré que l'émulsion de substance nerveuse rabique homologue est susceptible de provoquer chez le lapin des troubles paralytiques dans la genèse desquels le virus n'était pas en cause puisque les passages demeuraient négatifs. Il semblait qu'on ne pouvait guère expliquer ces troubles que par l'action soit de la toxine rabique, soit d'un poison de la substance nerveuse normale. L'auteur communique une nouvelle observation dans laquelle des accidents analogues sont survenus à la suite d'inoculations de substance nerveuse normale; cette observation est de nature à faire admettre que ces paralysies peuvent en effet se produire sans intervention de la toxine. Le fait est intéressant au point de vue de la pathogénie — très discutée — des paralysies qui apparaissent parfois chez l'homme au cours du traitement pasteurien. — M. **V. Balthazard** et Mlle **M. Lambert** : *Recherches toxicologiques sur l'alcoolisme aigu chez l'homme.* Les auteurs montrent que la recherche de l'alcool dans les humeurs et les organes des cadavres renseigne d'une façon précise sur l'imprégnation éthylique de l'individu au moment où la mort est survenue, qu'elle permet de diagnostiquer très souvent l'ivresse, la mort survenant en général à la période où la teneur en alcool est maxima. Pratiquement, il suffit de doser l'alcool dans le sang et dans l'urine lorsque la vessie en contient. Il est encore possible d'effectuer la recherche de l'alcool dans les humeurs, lorsque l'autopsie est pratiquée plusieurs jours après la mort. — MM. **A. Ch. Hollande** et **J. Gaté** : *Chimiothérapie de la tuberculose par le cyanure de cuivre et de potassium.* Le cyanure double de cuivre et de potassium s'est comporté, au cours des expériences des auteurs, comme le cyanocuprol de Koga. A dose faible, ces produits n'ont pas d'action bactéricide sur le bacille de Koch; en injection, ils déterminent une polynucléose précédée d'une mononucléose avec destruction au début de quelques globules rouges. Dans la tuberculose expérimentale du cobaye, il y a, sous l'influence du traitement par le cyanure de cuivre et de potassium, d'abord congestion autour de la lésion (ganglions infiltrés s'hypertrophiant au début du traitement), puis tendance réelle à la formation de tissu conjonctif sclérosant. Toutefois, si l'on applique le traitement de Koga à l'homme, il y aurait lieu de ne pas injecter de doses trop fortes de cyanure, qui pourraient déterminer des troubles périphériques importants.

MM. **E. Nicolas** et **H. Violle** sont élus membres titulaires de la Société.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 13 Février 1920

M. Ch. Moureu et **A. Lepape** : *Sur la préparation de l'acroléine* (voir t. XXX, p. 695). — MM. **Ch. Moureu** et **G. Mignonac** : Sur la déshydrogénation des alcools primaires et des alcools secondaires par oxydation catalytique. Méthode générale de préparation des aldéhydes et des cétones (voir p. 124).

Section de Strasbourg

Séance du 21 Novembre 1919

M. L. Hackspill : *Séchage du chlore par la tournure de fer.* Le Cl donne à la surface du fer un enduit imperméable de Fe^2Cl^6 qui empêche l'attaque de se poursuivre. Si, au contraire, le gaz est humide, l'attaque progresse rapidement tant qu'il y a de l'eau, parce que les chlorures hydratés formés sont poreux. On peut dépasser ainsi la teneur de $12H^2O$ pour une molécule de chlorure ferrique. La chaleur dégagée par la réaction suffit pour provoquer la fusion des hydrates formés ($Fe^2Cl^6 . 12H^2O$ fond à 35°) que l'on peut recueillir au bas de la colonne séchante. Ce procédé de séchage est aussi efficace que celui à l'acide sulfurique concentré. Appliqué dans l'industrie, il éviterait le remontage continuel de l'acide au moyen de pompes et aussi la concentration très pénible à cause du dégagement de Cl. Pour un gaz très humide, la dépense serait de 3 kg. de fer par tonne de chlore. L'auteur démontre qu'il serait également possible de débarrasser le Cl destiné à la liquéfaction de la majeure partie de l'eau qu'il renferme, en le refroidissant au-dessous de 8° par évaporation de 4 °/₀ du Cl liquide obtenu.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

Section de Manchester

Séance du 7 Novembre 1919

MM. T. Callan et **J. A. R. Henderson** : *La détermination de la p-phénylènediamine.* Ce corps peut être exactement et rapidement déterminé en ajoutant à une solution qui le contient un excès d'une solution titrée d'hypochlorite de sodium, et en titrant en retour avec l'arsénite de sodium décinormal en présence de papier amidonné-ioduré, le chlore utile présent étant enlevé par la base sous forme de benzoquinone-dichlorimide insoluble. Par la même méthode, on peut également déterminer la naphtalène-1 : 4-diamine et la *p*-amidodiphénylamine; mais elle est en défaut quand la molécule contient un groupe sulfonique, par suite de la formation de chlorimides solubles. — MM. **T. Callan**, **J. A. R. Henderson** et **R. Barton** : *Détermination de l'acide sulfurique en présence d'acides sulfoniques organiques.* Il semblerait que la présence d'acides sulfoniques organiques affecte la détermination de l'acide sulfurique par suite soit de la solubilité du sulfate de baryum dans les solutions d'acides sulfoniques, soit du mélange de sulfonate de baryum au sulfate de baryum précipité. Les auteurs ont analysé un certain nombre d'acides sulfoniques des séries benzénique et naphtalénique contenant des quantités connues d'acide sulfurique et ont constaté qu'aucune de ces influences perturbatrices possibles n'a agi. Ils décrivent également une méthode rapide pour la détermination volumétrique de l'acide sulfurique. On ajoute à l'acide neutralisé un excès de $BaCl^2N/4$ et, après ébullition, on détermine l'excès de ce dernier en titrant avec du chromate de potassium N/4, le point final étant indiqué par un papier amidonné et ioduré très légèrement acidulé avec HCl.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

31e ANNÉE N° 6 30 MARS 1920

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences, de l'Académie de Médecine

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont completement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Distinctions scientifiques

Elections à l'Académie des Sciences de Paris. — Dans sa séance du 15 mars, l'Académie a procédé à l'élection d'un membre dans sa Section d'Economie rurale, en remplacement de M. J. J. Th. Schloesing, décédé. La Section avait présenté comme candidats : en première ligne, M. Gabriel Bertrand ; en seconde ligne, MM. Gust. André et Léon Lindet ; en troisième ligne, MM. E. Demoussy, P. Mazé et M. Ringelmann. Au troisième tour de scrutin, M. Léon Lindet a été élu par 29 voix contre 28 à M. G. Bertrand. Le nouvel académicien, qui est professeur de Technologie agricole à l'Institut national agronomique, est l'auteur de nombreux travaux de Chimie appliquée aux industries agricoles : sucrerie, distillerie, panification, etc.

L'Académie a eu également à remplacer dans ses dernières séances deux de ses correspondants décédés : M. Blaserna, dans la Section de Physique générale, et M. Liapounoff, dans la Section de Géométrie. A leur place elle a élu Sir James Dewar, l'éminent physicien anglais, dont les travaux sur la liquéfaction des gaz et la production des très basses températures sont universellement connus, et son compatriote Sir Joseph Larmor, professeur de Mathématiques à l'Université de Cambridge, l'un des maîtres de la Physique mathématique contemporaine.

§ 2. — Nécrologie

L'explorateur polaire Peary. — Robert Edwin Peary, le célèbre explorateur américain, qui a eu le mérite d'atteindre le premier le pôle Nord, est décédé au mois de février aux Etats-Unis, succombant à une crise d'anémie. Comme tous ceux des voyageurs qui ont affronté ces dures et dangereuses régions, il avait eu beaucoup à souffrir et l'on avait dû lui faire de nombreuses transfusions de sang. Mais il ne cessa de se signaler par son ardeur, sa persévérance et son endurance, en même temps que par la haute valeur de ses observations et de ses travaux scientifiques.

Né à Cresson-Springs, dans l'Etat de Pennsylvanie, le 6 mai 1856, Robert Peary était entré en 1881 dans la Marine nationale des Etats-Unis en qualité d'ingénieur civil. A ce titre, il fut envoyé au Nicaragua où il séjourna en 1884-1885 et en 1887-1888, ayant été chargé de faire les études topographiques nécessaires pour l'établissement du canal interocéanique projeté par le Gouvernement américain, canal qui devait remonter la vallée de la rivière San Juan jusqu'au lac de Nicaragua et, de là, gagner le Pacifique. Peary publia une étude sur la rivière San Juan de Nicaragua dans le *Bulletin of the American Geographical Society* (vol. XXI, 1889, n° 1).

Entre ses deux voyages au Nicaragua, Peary, qui était déjà hanté de l'ambitieux désir de parvenir au pôle, alla faire en 1886 une reconnaissance sur l'inlandsis du Groenland ; parti de la baie de Disko, il s'avança vers l'est jusqu'à 160 kilomètres à l'intérieur du pays.

Mais ce fut en 1891 que commença sa grande série d'explorations qui devait se continuer à peu près sans interruptions jusqu'en 1910. C'est par le couloir s'ouvrant à l'ouest du Groenland que Peary pensait trouver un passage vers le Nord ; aussi continua-t-il à y faire des reconnaissances et la côte occidentale demeura le point de départ de ses courses à l'intérieur.

Son voyage de 1891-1892 avait été organisé par l'Académie des Sciences de Philadelphie. Il en a exposé le programme dans le *Bulletin of the American Geographical Society* de 1891. Parti avec Mme Peary et le Dr Cook, il eut le malheur de se casser la jambe, et vint hiverner dans la baie Mac Cormick, au sud de l'entrée du détroit de Smith ; en 1892, s'étant avancé vers le nord-est, il put atteindre par 82° lat. N. le sommet des falaises qui dominent la baie de l'Indépendance et ses observations l'amenèrent à conclure que le Groenland est une île.

Dès 1893, Peary repartit, cette fois encore avec sa femme qui, sur la côte occidentale du Groenland, par 77°4′ lat. N., à Etah, mit au monde une fille. Il gagna Bowden Bay, sur la côte de la terre d'Inglefield et, en 1894, tenta de traverser le territoire de part en part jusqu'à la baie de l'Indépendance, par 81°27′, mais il eut à subir de telles tempêtes qu'il dut rebrousser chemin.

Au cours d'une excursion qu'il fit ensuite dans les mers groenlandaises, Peary découvrit en 1896 au cap York des météorites de fer et de nickel d'une dimension extraordinaire; il retourna les chercher et les rapporta aux Etats-Unis en 1897.

En 1898, avec l'aide du Peary Arctic Club qui avait été fondé, il entreprit une nouvelle série de voyages en vue de réaliser son projet d'atteindre le pôle en passant par le détroit de Smith. De 1898 à 1900, il explora les terres d'Ellesmere, de Grinnell et de Grant, situées en face du Groenland, de l'autre côté du couloir qui s'ouvre à ce détroit. Dans l'une de ces tournées, il eut les deux pieds gelés, et il fallut lui amputer plusieurs orteils.

Mais rien n'arrêtait ce courageux et infatigable explorateur, qu'attirait le mirage du pôle. Il se lança encore en avant en 1900 et, au mois de mai, gagna, par 83°24', le cairn érigé en 1882 par Lockwood à l'extrémité occidentale de la terre qui avait reçu son nom et, contournant vers l'est toute la côte Nord, il arriva à la baie de l'Indépendance; il apporta ainsi une preuve définitive de l'insularité du Groenland. En 1902, ayant suivi à l'ouest la côte septentrionale de la terre de Grant, il parvint à 84°17', c'est-à-dire à 635 kilomètres du pôle.

Rentré aux Etats-Unis, Peary organisa une nouvelle expédition qui s'effectua en 1905-1906. Ayant gagné sur le *Roosevelt* la côte septentrionale de la terre de Grant, il hiverna près du cap Sheridan; de là, montant vers le nord, il atteignit, le 21 avril 1906, la latitude de 87°6', ayant dépassé les records de Nansen et de Cagni. Il était alors à 324 kilomètres du pôle, mais par suite de la violence des vents qui disloquèrent la banquise et causèrent de larges ouvertures, il ne put aller plus loin[1]. Mais ce ne fut que partie remise.

Résolu à tout surmonter pour toucher le but vers lequel tendaient depuis si longtemps ses efforts, Peary entreprit, en 1908, une septième expédition. Parti à nouveau sur le *Roosevelt*, il alla aussi hiverner près du cap Sheridan. Puis, ce fut du cap Columbia, situé plus à l'ouest sur la terre de Grant, que, le 1er mars 1909, il commença un raid en traîneaux vers le pôle, distant de 740 kilomètres. Le 28 mars, Peary avait dépassé son propre record de 1906. Enfin, le 6 avril, il parvint à un point que le calcul lui révéla être 89°57'; là, il se trouvait dans un voisinage si immédiat du point mathématique de 90° que l'on pouvait dire que le pôle était atteint. Pour être assuré qu'il y avait bien mis les pieds, il eut le soin de traverser les glaces dans des sens divers. Après être demeuré 30 heures au pôle, il reprit la route vers le sud et, le 20 septembre, il était à New-York, ayant pu enfin remporter ce glorieux succès, auquel l'avaient conduit toutes les études et préparations faites avec une remarquable sagacité au cours de ses précédents voyages.

A son retour, Peary eut la pénible surprise d'apprendre que la découverte du pôle lui était contestée et que l'honneur en était revendiqué par un de ses anciens compagnons, le Dr Cook. Mais le doute ne tarda pas à être scientifiquement effacé. Tandis qu'une Commission danoise déclarait que des documents présentés par le Dr Cook on ne pouvait tirer la preuve qu'il fût arrivé au pôle, un Comité constitué par la Société de Géographie de Washington put affirmer, après examen de toutes les preuves et éléments de calcul produits, que Peary avait bien atteint le pôle le 6 avril 1909. Le Comité lui décerna les plus chaleureux éloges et, sur sa demande, la Société de Géographie de Washington lui accorda sa grande médaille d'or. En 1914, il recevait pareil hommage de la Société de Géographie de Paris. A la fin de sa carrière dans la marine américaine, Peary avait acquis le grade de contre-amiral.

Parmi les nombreux travaux savants laissés par Peary nous citerons : *Northward over the Great Ice, a complete narrative of Arctic Work*, 1898; *Nearest the Pole, a narrative of the Polar Expedition of the Peary Arctic Club in the S. S. Roosevelt 1905-1906*, Londres, 1907. Ce dernier livre a été traduit par Charles Rabot sous le titre de : *Plus près du pôle*, Paris, Hachette, 1909, in-8°. Sur son dernier voyage, Peary a écrit : *The North Pole, its discovery in 1909*, New-York, Stokes, 1910, in-8°. Une traduction française en a été faite sous le titre de : *La découverte du Pôle Nord*. Introduction de Th. Roosevelt. Avant-propos de Gilbert Grosvenor. Paris, Pierre Lafitte, 1911, in-8°.

G. Regelsperger.

1. Nous avons précédemment donné quelques indications sur les expéditions Peary de 1898-1902 et de 1905-1906 dans la *Revue générale des Sciences*, t. XV, 1904, p. 328, pour la première, et t. XVIII, 1907, p. 346, pour la seconde.

§ 3. — Physique

Etude des rayons X mous. — M. H. M. Dadourian, qui a consacré un mémoire à l'étude des *rayons X mous*[1], désigne sous ce nom les rayons compris entre les rayons ultraviolets de la plus courte longueur d'onde connue et les rayons X caractéristiques de plus grande longueur d'onde étudiés jusqu'ici, c'est-à-dire les rayons compris entre $\lambda = 600.10^{-8}$, longueur d'onde étudiée par Théodore Lyman, et $\lambda = 12,3.10^{-8}$, radiation caractéristique L du zinc. Suivant la relation bien connue d'Einstein : $Ve = h\nu$, cette région représente approximativement les rayons X produits par des rayons cathodiques dont les vitesses correspondent à des chutes de potentiel de 20 à 1.000 volts.

M. Dadourian introduit dans son travail un certain nombre de termes nouveaux destinés à rendre plus concises et plus claires les descriptions de phénomènes relatifs à la production d'électrons par les rayons X. Ces phénomènes pouvant être rapprochés des phénomènes photo-électriques, M. Dadourian calque les termes nouveaux qu'il propose sur ceux utilisés dans la photo-électricité : les électrons produits par les rayons X sont appelés *radio-électrons* et le phénomène relatif à la production des radio-électrons, *effet radio-électrique*; la signification des termes *radio-électricité*, *courant radio-électrique*, *courbe radio-électrique*, *chambre radio-électrique*, devient alors évidente. Afin de différencier nettement les radio-électrons des électrons constituant le faisceau cathodique qui donne naissance aux rayons X, on appellera ces derniers *électrons cathodiques*.

Indiquons rapidement les travaux effectués sur les rayons X mous antérieurement à M. Dadourian.

Wehnelt et Trenkle[2] ont montré en 1904 que les électrons émis par une cathode chauffée recouverte de chaux produisent un rayonnement X quand ils rencontrent une anti-cathode métallique sous une vitesse correspondant à une chute de potentiel de 400 v. Dember[3] a constaté en 1911 que des photo-électrons se déplaçant avec une vitesse correspondant à une chute de potentiel de 250 v. produisent des rayons X quand ils sont arrêtés par un obstacle métallique; il a montré plus tard[4] la production de rayons X par des photo-électrons se déplaçant avec une vitesse correspondant à une chute de potentiel de 18,7 v.; il a également étudié les vitesses des radio-électrons produits par les rayons X mous en appliquant des champs électrostatiques retardateurs aux radio-électrons et il a constaté que la chute de potentiel nécessaire pour arrêter les radio-électrons passe de 0,7 v. à 3,6 v., quand on augmente la chute de potentiel des électrons cathodiques de 250 à 9.000 v. Whiddington[5] a montré en 1913 que le choc des électrons émis par une cathode chaude recouverte de chaux contre les molécules d'air donne naissance à des

1. H. M. Dadourian : *Physical Review*, 2e série, t. XIV, p. 234; sept. 1919.

2. A. Wehnelt et W. Trenkle : *Sitz. Phys. Med. Soc. Erlangen*, t. XXXVII; 1905.

3. H. Dember : *Verh. Deutsch. Phys. Ges.*, t. XIII, p. 601; 1911.

4. H. Dember : *Ibid.*, t. XV, p. 560; 1913.

5. R. Whiddington : *Proc. Camb. Phil. Soc.*, t. XVII, p. 144; 1913.

rayons X mous. En 1914, Sir J. J. Thomson[1] a noté la production de rayons X mous par des rayons positifs de faible vitesse et par des électrons issus d'une cathode chauffée recouverte de chaux sous une vitesse correspondant à une chute de potentiel de 10 v. Un certain nombre de ces résultats ont été contestés par Mlle Laird, qui considère comme douteux qu'on puisse obtenir des rayons de Röntgen au moyen de rayons cathodiques d'une vitesse inférieure à celle que donne une chute de potentiel de 200 v. C'est ce qui a engagé M. Dadourian a reprendre, par une méthode électrique, les expériences de J. J. Thomson, effectuées par une méthode photographique.

Les rayons X mous ont été produits par le choc des électrons issus d'une cathode chauffée recouverte de chaux, contre une anode de platine; leur vitesse correspondait à des chutes de potentiel de 20 à 1.000 v. Les propriétés de ces rayons ont été étudiées par l'observation de la vitesse et du nombre d'électrons qu'ils produisent en rencontrant une lame de laiton.

Voici les principaux résultats de ces recherches :

1° On a pu produire des rayons X mous au moyen d'électrons animés de la vitesse engendrée par une chute de potentiel de 20 v.

2° Les courbes radio-électroniques, obtenues en représentant le courant électronique produit entre une plaque de laiton et une toile métallique, quand la plaque est frappée par un faisceau de rayons X, pour des différences de potentiels variables entre la plaque et la toile, sont analogues aux courbes photo-électriques.

3° L'étude de la vitesse des radio-électrons produits montre que seule une fraction négligeable des électrons possède des vitesses comparables à la vitesse d'impact des électrons cathodiques.

4° Les expériences ont permis de constater la présence des radiations caractéristiques L du cuivre et du zinc, de longueurs d'onde $\lambda = 15.10^{-8}$ et $\lambda = 13.10^{-8}$, et des radiations caractéristiques du platine ($\lambda = 21.10^{-8}$ et 31.10^{-8}).

§ 4. — Chimie

Les propriétés du silicate de soude commercial. — Le silicate de soude commercial ou verre soluble est un corps qui se prête à des applications de plus en plus variées; aussi M. J. G. Vail a-t-il jugé utile d'en étudier les propriétés d'une façon un peu systématique; voici quelques-unes des constatations qu'il a été amené à faire[2].

Toutes les préparations commerciales de silicate de sodium contiennent plus de silice que la quantité qui correspond à la formule Na^2SiO^3; on en trouve jusqu'à 4 fois autant. Le rapport entre Na^2O et SiO^2 varie entre 1 : 4 et 2 : 3. On ne fabrique pas de produits plus alcalins que ceux qui offrent ce dernier rapport, à cause de leur tendance à la cristallisation; la limite dans l'autre sens est fixée par la faible solubilité des préparations contenant trop de silice.

La coloration verte ou jaune des produits commerciaux est due à de petites quantités de fer ferreux ou ferrique, ce dernier étant plus commun dans les silicates du type alcalin.

La solution présentant le rapport 1 : 4 peut être concentrée jusqu'aux environs de 37° B.; elle a alors la consistance d'une gelée ($d = 1,305$; elle contient 34 % de substance solide); refroidie à 5° C., elle peut être moulée en balles. Un silicate dont le rapport est 2 : 3 peut être concentré jusqu'à 69° B. environ, et forme alors une masse visqueuse ($d = 1,916$; 62,5 % de substance solide), étirable en fils; elle absorbe l'humidité de l'air. La limite de concentration possible s'élève avec la teneur en alcali. Le silicate ordinaire à 40° B. se congèle vers — 3° C., en devenant blanc et opaque, tandis que les solutions supérieures à 60° B. ($d = 1,71$) ne perdent pas leur transparence par congélation, mais deviennent plus dures et finalement cassantes.

Les précipités formés dans les solutions de silicate de sodium par la plupart des sels des métaux lourds contiennent vraisemblablement de l'acide silicique libre. Divers agents déshydratants : alcool, glycérine, saumure, solution ammoniacale concentrée, produisent également une précipitation. On peut redissoudre les précipités, mais les solutions qu'on obtient diffèrent des solutions originales, notamment au point de vue de la viscosité. Les solutions riches en silice ont une viscosité lentement croissante jusqu'à ce qu'elles atteignent l'état de gelée; l'augmentation de viscosité est alors très forte. Le phénomène est le même quelle que soit la cause de l'accroissement de viscosité : diminution de l'alcalinité, diminution de température ou augmentation de concentration.

Cette propriété est utilisée pour la préparation d'adhésifs à prise rapide. Le passage de l'état liquide à l'état solide peut être provoqué par la perte de 1 % d'eau, qui est rapidement absorbée par une couche de papier carton. La solution solide résultante est plus soluble que le silicate anhydre de même composition relative. Subitement portée à une température de plus de 100° C., une solution de ce genre se gonfle en une multitude de bulles stables et ne possède plus qu'une densité apparente de 0,01. A cet état, elle constitue un excellent isolant thermique.

On prépare des gels de caractères physiques très différents en traitant les solutions de silicate par des acides de concentrations variables. On utilise les gels fortement acides pour prévenir le rejaillissement des acides des batteries d'accumulateurs, tandis que les gels neutres très durs sont employés dans la préparation des substances pour l'adsorption des gaz.

La résistance à la traction des mélanges au silicate de sodium pour ciments résistant aux acides peut atteindre 1.700 livres par pouce carré, pour les briquettes séchées à l'air, tandis qu'un mélange cuit de silicate de soude et d'argile, tel qu'on l'emploie dans la fabrication des meules abrasives, a une résistance supérieure à 2.000 livres par pouce carré.

Le principe actif du poivre et ses homologues. — Le principe piquant du poivre a d'abord été isolé par Thresh, qui lui donna le nom de capsaïcine et lui attribua la formule $C^9H^{14}O^2$. Micko en améliora le mode d'extraction et montra que cette substance renferme de l'azote, un groupe OH et un groupe OCH^3, et que sa formule doit être $C^{18}H^{28}NO^3$; ce serait, d'après lui, un dérivé de la vanilline.

En vue d'élucider la constitution de ce principe naturel, M. E. K. Nelson[1], du Bureau de Chimie de Washington, en a extrait, de 50 livres de poivre de Cayenne, environ 77 gr., qui, par recristallisations, ont donné 50 gr. de substance pure, fondant à 65°.

La capsaïcine, méthylée pour la rendre plus stable à l'oxydation, a fourni par traitement avec le permanganate de l'acide vératrique, ce qui confirme l'existence d'un résidu vanillique dans la molécule. L'hydrolyse acide de la méthylcapsaïcine, en autoclave, a donné du chlorhydrate de vératrylamine (3 : 4-diméthoxybenzylamine), tandis que celle de la capsaïcine même conduisait au chlorhydrate de vanillylamine (3-hydroxy-4-méthoxybenzylamine). Enfin, l'hydrolyse alcaline de la capsaïcine a fourni un acide décylénique dont l'hydrogénation conduit à un acide décylique isomère de l'acide caprique.

De ces constatations, M. Nelson conclut que la capsaïcine est un produit de condensation de la vanillylamine avec un acide décylénique, de formule $C^{18}H^{27}NO^3$ ou $(HO)(CH^3O)C^6H^3.CH^2.NH.COC^9H^{17}$.

Quel est le rapport qui existe entre la saveur piquante de ce composé et sa constitution? Pour s'en rendre compte, M. E. K. Nelson[2] a préparé, par réaction des

1. J. J. Thomson : *Phil. Mag.*, t. XXVIII, p. 620; 1914.
2. *Journ. ind. and engin. Chem.*, t. XI, p. 1029; 1919.

1. *Journ. of the Amer. Chem. Soc.*, t. XLI, p. 1115; juillet 1919.
2. *Ibid.*, t. XLI, p. 2121; déc. 1919.

chlorures d'acyle sur la vanillylamine en suspension dans l'éther sec, une série de vanillylacylamides du type de la capsaïcine. La saveur piquante relative de ces diverses substances a été estimée d'après la quantité minimum nécessaire pour causer une brûlure distincte sur le bout de la langue (1/8.000e de mgr. pour la capsaïcine).

Dans la série homologue des dérivés des acides gras saturés, la saveur piquante, absente chez la vanillylacétylamide, croît jusqu'à un maximum chez la vanillyl-nonoylamide, qui est à peu près aussi piquante que la capsaïcine; puis, chez les dérivés de poids moléculaire plus élevé, elle décroît ou change de caractère, devenant moins perceptible et affectant la base de la langue et la gorge. En même temps, la solubilité dans l'eau décroît, tandis que la solubilité dans l'éther augmente.

Ces relations sont parallèles aux observations de Backman et de Durrans sur les substances odorantes, qui montrent qu'une substance, pour être odorante, doit être un peu soluble dans l'eau et les lipoïdes, et que, dans les séries homologues, l'odeur maximum se trouve chez les substances de poids moléculaire intermédiaire.

§ 5. — Géologie

Les « lahars » des volcans javanais. — A la séance du 18 décembre dernier de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, M. Albert Brun, l'éminent volcanologiste suisse, a donné, d'après des documents hollandais récents, quelques renseignements sur les dernières éruptions des volcans de Java et les « lahars », torrents d'eau et de boue, auxquelles elles ont donné naissance [1].

Le plus terrible exemple est celui de l'éruption du Kloet des 20-21 mai 1919, étudiée par le Dr Escher, de Batavia. Dans le cratère de ce volcan, les pluies diluviennes de la région avaient formé un lac contenant, d'après Cool, 44 millions de m³ d'eau. Le volcan se réchauffant, et poussant dans le lac ses gaz et ses lapillis brûlants, a porté l'eau à la température de l'ébullition. Puis brusquement les parois du cratère cédèrent en un point et une énorme avalanche d'eau bouillante, de blocs et de boue, s'étendit jusqu'au pied du volcan, couvrant un triangle de terrain qui mesure environ 30 km. de longueur sur 20 à 25 de base. On estime à 50.000 le nombre des victimes humaines dues à ce « lahar ».

Un autre volcan, le Galoeng Goeng, avait fourni en 1918 un phénomène analogue, mais sur une échelle heureusement beaucoup plus réduite. Son petit lac cratérien se vida pour faire place à une poussée de lave andésitique, qui vint faire saillie sur ses bords, mais sans donner de coulée par suite de sa trop basse température. M. Brun a reproduit artificiellement ce phénomène, qui est d'ailleurs très fréquent aux bouches éruptives qui entourent le pic de Teyde.

A côté des « lahars » chauds dus aux forces volcaniques, M. Brun rappelle qu'il existe des « lahars » froids, ou pseudo-éruptions, dues au simple fait que le volcan est une montagne peu solide.

Les « lahars » du Smeroe (3.671 m.), le 15 mai 1908 et en août 1909, sont le résultat de pluies formidables et brusques tombées sur la montagne. Le premier est descendu sur Djarit, le second sur Loemadjang. On a estimé qu'en août 1909 le « lahar » avait été produit par une pluie de 2 m. d'eau en 48 h. Ce chiffre n'est pas anormal, quoique exceptionnel. A l'île Maiu, il est tombé 64 cm. en un jour d'après M. Forbes, assistant au Musée d'Honolulu; au Slamatt (Java), il est tombé 140 mm. en 3/4 d'heure, d'après le Dr Reinhard.

1. *Arch. des Sc. phys. et nat.*, Suppl., t. XXXVI, n° 3, p. 85; août-déc. 1919.

§ 6. — Botanique

La loi du développement des plantes. — Les travaux de Blackman et Gregory sur le développement du concombre, et ceux d'auteurs précédents, en particulier de Moll et de ses élèves sur le tournesol, le chanvre et le tabac, ont servi de base à M. V.H. Blackman pour tenter de déterminer la loi suivant laquelle les plantes s'accroissent [1]. Cet auteur a observé que le développement des plantes annuelles, au moins dans les premiers stades, suit approximativement la loi de l'intérêt composé. En effet, le poids de matière sèche atteint par une plante à la fin d'une période déterminée dépend : *a*) du poids de la graine au début, poids qui représente le capital initial avec lequel la plante entreprend sa marche ; *b*) du taux moyen auquel la plante utilise le matériel déjà existant pour en produire du nouveau, ce qui représente l'intérêt du capital placé ; *c*) de la durée de développement.

L'équation simple qui exprime donc le mieux les rapports de développement d'une plante annuelle est :

$$P_t = P_0 e^{rt},$$

où P_t représente le poids final en matière sèche de la plante, P_0 le poids initial, e la base des logarithmes naturels, r le taux auquel le matériel présent est utilisé pour former du matériel nouveau, t la durée de la période considérée.

Le terme r est une constante physiologique importante, car il mesure l'intensité avec laquelle une plante donnée produit de la substance nouvelle, et le rendement de la plante par rapport au matériel employé est d'autant plus élevé que r est plus grand. Le taux r peut donc être dénommé l'*indice d'intensité de production de la matière sèche* ou *indice de rendement* (efficiency index); il ne détermine pas seulement le pouvoir productif de la plante, mais il est aussi le terme exponentiel dans l'équation qui exprime le développement de cette plante. A titre d'exemple, chez quelques formes de tournesol, l'indice d'intensité moyen, pour la période végétative qui aboutit à la formation de l'inflorescence, peut s'élever à 0,1763, soit 17,63 % par jour.

M. Blackman propose que, dans toutes les expériences concernant le développement végétatif, telles que cultures aqueuses ou en pots, on calcule l'*indice de rendement*, de façon à déterminer la capacité productive relative des différentes plantes, à différentes périodes, ainsi que l'effet produit par les conditions extérieures sur l'indice lui-même. Une légère différence dans l'indice de rendement de deux plantes (différence due à un degré d'assimilation légèrement plus élevé ou à une répartition plus économique du matériel produit entre les feuilles et l'axe) peut causer des différences notables dans le poids final; pour l'avoine, par exemple, une assimilation plus forte de 6 % provoque, après 100 jours, une production de matière sèche de 30 % plus élevée.

Les données des auteurs précédents démontrent encore que l'indice de rendement est plus fort durant les premiers stades de développement et qu'il décroît ensuite légèrement chez le tournesol, le chanvre et le tabac ; la diminution est rapide au début de la période reproductive, à savoir lorsque l'inflorescence commence à apparaître. Il y a également lieu d'admettre que les plantes annuelles peuvent perdre considérablement en poids de matière sèche à la fin de leur période de développement.

1. *Ann. of Botany*, t. XXXIII, n° 131, pp. 353-360; 1919, — et *Bull. mens. des Rens. agric.*, t. XI, n° 1, p. 23; janv 1920.

UN MODÈLE RUSTIQUE D'ÉQUATORIAL

Habituellement, la connaissance des principales étoiles, sur la voûte céleste, est obtenue par l'étude de certaines constellations remarquables et de quelques alignements, mais on peut pousser les investigations plus loin, et notamment y comprendre les planètes, en utilisant les *déclinaisons* et les *ascensions droites* des astres. Les premières correspondent, comme définition, aux latitudes terrestres. Un astre a pour déclinaison D = 57° nord (on écrit + 57°), ou bien D = 13° sud (on écrit — 13°), lorsqu'il se trouve à 57° au nord, ou bien à 13° au sud de l'Equateur de la sphère céleste.

Pareillement, les ascensions droites sont très analogues aux longitudes terrestres. On les compte à partir du méridien de la sphère céleste passant par le point appelé vernal, ou ♈, et dans un sens unique, de 0° à 360° ou de 0 à 24 heures. La belle étoile α d'Andromède se trouve presque rigoureusement sur ce grand cercle origine. Lorsque, tourné vers le midi, on contemple la voûte étoilée, les ascensions droites des astres plus à gauche sont, numériquement, plus fortes que celles des astres plus à droite; à partir de l'ascension droite AR = 24^{H}, on recommence à zéro, toujours dans le même sens. Ce sens est le même que celui des longitudes terrestres orientales.

Ainsi, de même qu'une localité est déterminée, sur la sphère terrestre ou sur les cartes planes qui la remplacent, par sa latitude et par sa longitude, un astre l'est, sur la sphère céleste, par sa D et par son AR. Le méridien d'un lieu a pour analogue ce que l'on nomme le *cercle horaire* d'un astre. Ce cercle horaire participe nécessairement au mouvement diurne apparent.

On trouve dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, pages 94 à 100 pour 1919, une liste de *positions moyennes* fournissant les D et les AR de toutes les étoiles qui peuvent nous intéresser, et p. 26 à 31, des tableaux relatifs aux planètes.

A l'aide de ces coordonnées et de la connaissance de l'heure, les astronomes sont toujours certains de pouvoir diriger rigoureusement, sur un astre demandé, la lunette d'un équatorial. C'est un grand et puissant instrument dont tout observatoire est pourvu; merveille d'une industrie spéciale, il représente un sacrifice budgétaire considérable. Mais, en nous en tenant à l'objet que nous avons en vue, nous n'aurons aucune dépense à envisager. Nous en avons fait la preuve en confectionnant un dispositif rudimentaire avec des matériaux existant dans toutes les maisons et même rebutés après usage; son emploi nous a conduit à des résultats intéressants.

I. — DESCRIPTION

ABCD (fig. 1) est une vieille caisse en bois, reposant par le fond BC; son couvercle, s'il existe, aura été cloué à demeure, à titre de consolidation. Sa longueur est de 55 à 60 cm. Sur le milieu de la face AB on a cloué, dans le sens vertical, une planche de 135 à 140 cm. de hauteur, et assez épaisse (3 cm.) pour n'être pas flexible.

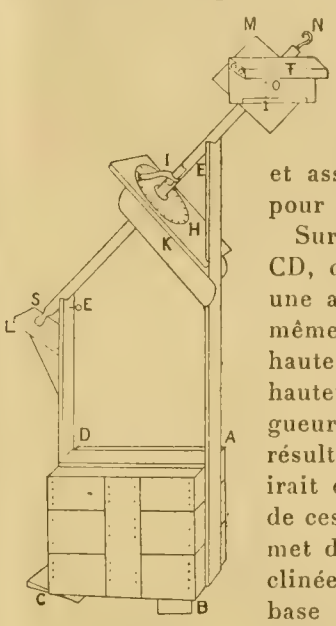


Fig. 1.

Sur le milieu de la face CD, on a de même fixé une autre planche de la même force, mais moins haute; la différence de hauteur est égale à la longueur de la caisse, d'où il résulte que la ligne qui irait du sommet de l'un de ces montants au sommet de l'autre serait inclinée à 45° sur le plan de base de la caisse. Les sommets des montants ont du reste été coupés en biseau, avec la même pente de 45°.

Sur leurs milieux, on a pratiqué des encoches en forme de V (fig 2, 3, 4), dans lesquelles vient

Fig. 2.

Fig. 4.

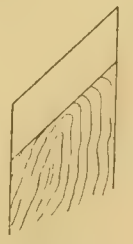


Fig. 3.

reposer, et peut tourner comme un axe, un long manche de balai, de 125 à 130 cm. de longueur, et de 3 cm. de diamètre environ. Les deux branches du V sont d'équerre l'une sur l'autre. Les

encoches ont la même pente à 45° que les biseaux; l'axe porte donc, dans chacune d'elles, sur une certaine longueur, de 20 à 40 mm., suivant la perfection du trait de scie.

E, E sont des pitons, vissés dans les montants, permettant de tendre quelques tours de ficelle par-dessus l'axe; celui-ci ne peut donc sortir accidentellement des encoches.

L est une planchette, bien maintenue contre le montant inférieur, sur laquelle vient s'appuyer le bout, arrondi, de l'axe.

H est un carton, disposé perpendiculairement à la direction de l'axe. Il vient s'appuyer, par un de ses côtés, contre le montant haut, qu'il embrasse; car il est échancré pour cela. On y remarque un trou par lequel l'axe doit pouvoir passer très facilement et sans toucher les bords. Le carton doit être fort, et bien plan; à défaut, deux ou trois cartons plus minces, collés ensemble de façon que leurs tendances à se gondoler se contrarient, et qu'on laisse sécher sur une table plane et sous une charge suffisante, doivent faire l'affaire. Trous et échancrures seraient pratiqués préalablement à ce travail d'assemblage, de manière à ne pas compromettre ce dernier.

Sur le carton, on remarque en outre une circonférence de 25 cm. environ de diamètre, divisée en 24 parties égales; elle sert à mesurer, en heures et minutes, les angles dont l'axe tourne; les nombres de la graduation croissent dans le sens du mouvement des aiguilles d'une montre. Nous les désignerons sous le nom de *heures de l'astre*, ou h_*. A chacune de ces divisions, on inscrit en outre, au moyen d'une écriture ou d'une encre qui ne permette pas la confusion, un nombre égal à la différence entre 24^h et celui déjà inscrit; c'est la *graduation des AR* (fig. 6).

Deux planchettes K, ayant à peu près la longueur du carton, soutiennent celui-ci; elles se présentent de champ dans le sens vertical, et sont par conséquent fixées à plat contre les côtés du montant.

I est un index qui parcourt la circonférence divisée (fig. 1, 5 et 6) lorsqu'on fait tourner l'axe. On peut lui donner la disposition suivante : Prenant un carré de carton, ayant pour côté environ deux fois le diamètre de l'axe, on l'enroule autour de celui-ci, en cylindre ouvert; quelques tours de ficelle lui donnent la forme voulue, et le rendent solidaire de l'axe. Il faut, d'autre part, une bande de carton ayant comme largeur environ deux fois le diamètre de l'axe, et un peu plus longue que le rayon de la circonférence divisée; à l'un des bouts, on découpera une échancrure ronde qui puisse embrasser assez exactement le cylindre dont nous venons de parler, et on l'y fixera le mieux possible à l'aide de seccotine ou de cire à cacheter. On façonnera entre les doigts la bande de carton, pour amener le bout libre à

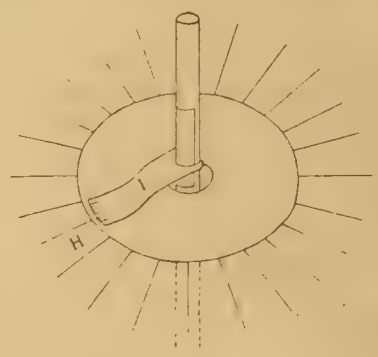


Fig. 5.

affleurer le carton H, et on découpera ce bout en forme d'arc, centré sur l'axe.

Lorsqu'on fait tourner le manche dans ses V, le bout libre de l'index décrit un cercle perpendiculaire à l'axe idéal autour duquel se produit

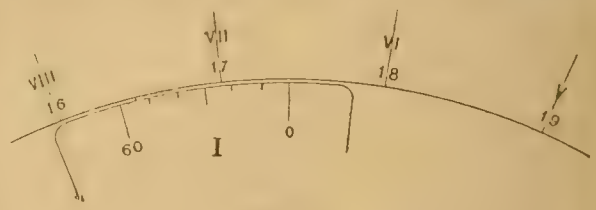


Fig. 6.

ce mouvement. Cela permettra de voir, sans aucune incertitude, si le carton H est perpendiculaire aussi. On devra attendre cette vérification avant de fixer, d'une façon définitive, les planchettes K. Il sera bon de les entretoiser au moyen d'un bout de planche, de longueur.

Pour tracer une circonférence H parfaitement centrée, on maintient la pointe d'un crayon contre le bout libre de I, pendant qu'on fait tourner le manche. On peut diviser la circonférence, à l'aide d'un compas, en 6 arcs bien égaux, et chacun de ceux-ci en deux, puis encore en deux parties bien égales; au total 24.

Sur le bout de I, on tracera deux traits comprenant entre eux, exactement, la distance entre deux divisions de la circonférence, et on divisera finement l'intervalle de ces deux traits en 6 parties égales. L'intervalle vaut 1^h d'AR, comme il a été dit; chaque $\frac{1}{6}$ vaut donc 10 min.; avec de l'habitude, l'œil apprécie $\frac{1}{10}$ de ces divisions, c'est-à-dire qu'il lit à la minute près, sensiblement. On s'en rendra compte, dès qu'on aura acquis un peu de pratique.

Le trait de droite, quand on se suppose au centre de la circonférence (fig. 6), est numéroté 0; ceux qui suivent valent respectivement 10, 20,... 50, 60^m. Dans la figure, le 0 tombe entre 17^H et 18^H (h_*) et on lit 17^H 24^m. Lorsqu'on se sert de l'index, avec la graduation des AR, il faut être attentif à prendre pour 0 le trait de gauche, et pour 60 celui de droite; on lirait VI^{H}36^m.

On disposera, sur le même tube que I, un second index semblable, que nous désignerons par I', et on fera tomber le 0 à 12^H du premier, sensiblement.

M (fig. 1, 7, 8) est un plateau en bois sec, peu hygrométrique, bien plan, de 200 mm. de longueur sur 125 mm. de largeur (couvercle, ou fond d'une boîte de cigares de la Havane); il est fixé sur l'axe au moyen de vis. Sa face libre représente, matériellement, le plan d'un cercle horaire; quand l'axe tourne de 1^H, 2^H,... le plateau tourne du même angle; en conséquence, une fois assuré le parallélisme de l'axe avec celui des pôles, si l'on fait tourner le plateau de manière à le maintenir dans la direction du Soleil, et qu'on note, de temps en temps, les heures marquées par une montre et les positions correspondantes de l'index I sur la circonférence des h_*, les différences

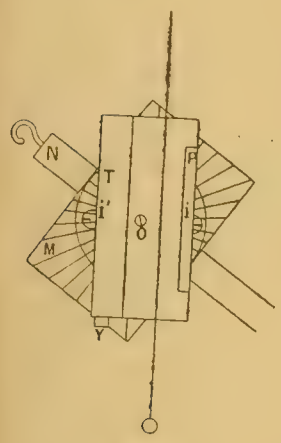


Fig. 7.

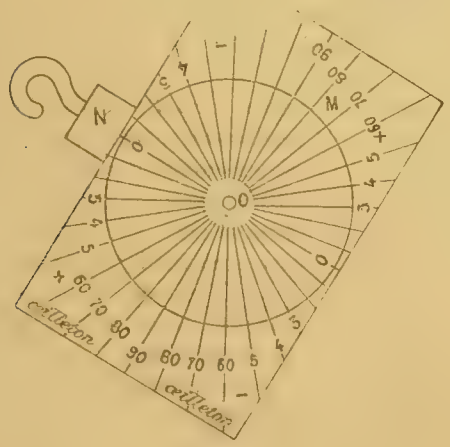


Fig. 8.

des heures concorderont, minute pour minute, avec les différences des lectures de l'index. Lorsque le plan horaire est vertical, ce que l'on peut constater au moyen d'un petit fil à plomb, il est midi vrai. Nous avons déjà un moyen d'obtenir l'heure, comme avec un cadran solaire.

Mais les étoiles et les planètes nécessitent une ligne de visée. Après essais divers, nous avons adopté la disposition suivante, comme celle qui a le mieux répondu à notre but. Il faut un autre plateau, que nous appellerons support de visée (fig. 1, 7, 9), de 200 mm. de longueur sur 90 mm. de largeur (long côté de la boîte de cigares). En son centre, il est percé d'un trou O, ayant le même diamètre que le collet de la tige d'une vis à bois, longue et relativement mince; celle-ci pénètre dans le milieu du plateau horaire et dans le corps de l'axe, qui se trouve au-dessous. On dispose ainsi d'un organe suffisamment solide pour centrer le support de visée et l'appliquer sur le plateau horaire, en intercalant, entre le support et le dessous de la tête de la vis, une petite rondelle en cuir gras et un ressort en

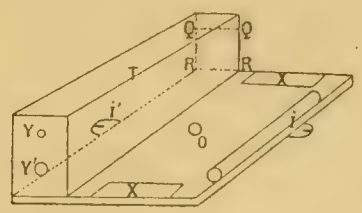


Fig. 9.

hélice, que l'on confectionne avec du fil d'acier ou de cuivre. Il en résulte que lorsqu'on fait tourner, autour de ce centre, le support de visée, il prend le même mouvement que s'il était monté sur un axe matériel perpendiculaire au plan horaire, ou, comme conséquence, perpendiculaire à l'axe des pôles.

La ligne de visée proprement dite est un tube T en carton fort, de 200 mm. de longueur, à section rectangulaire (30 mm. sur 70 mm. environ). A l'un des bouts, un rectangle en carton, de la même dimension que la section intérieure, est engagé quelque peu, mais suffisamment pour pouvoir y être collé; il s'oppose à toute déformation du tube. Dans ce rectangle, à 12 ou 15 mm. de l'un des petits côtés, on a percé un trou rond, de 3 mm. de diamètre, et qui doit servir d'œilleton, y.

Tout le long du côté opposé, le tube est collé intimement sur le support de visée, dans le sens de la longueur de celui-ci, comme on le voit sur les figures 9, 7 et 1. Au bout opposé à l'œilleton, on diminue la dimension de la fenêtre en collant une bande de carton QQ; le bord inférieur en doit être bien parallèle à la surface du support de visée, et à la même distance de cette surface que le centre de l'œilleton. On possède

ainsi un plan étroit de visée ; et on a du reste soin, lorsqu'on vise un astre ou un objet, de le mettre à égale distance des deux bords QR, QR de la fenêtre, perpendiculaires à la surface du support.

Le plan de visée est, par construction, comme on voit, parallèle à la surface du support et à celle du plateau horaire; lorsque le support tourne autour de sa vis de centrage, le plan étroit de visée décrit donc un cercle horaire.

L'œil se centre mieux sur l'œilleton, surtout la nuit, si on colle, extérieurement à l'œilleton, un tube en carton de 20 mm. de diamètre, et de 20 mm. de saillie; l'axe de ce tube doit passer le mieux possible par le centre de l'œilleton, mais une rigueur absolue ne s'impose pas. L'office du tube dont nous venons de parler est d'obliger, presque matériellement, l'œil à prendre l'œilleton toujours de la même manière; c'est là l'essentiel.

A mi-distance entre y et le support de visée, on perce un autre trou, y', de 5 mm. de diamètre ; il correspond, en hauteur et en largeur, au milieu de la fenêtre délimitée par le bord de l'écran QQ, le bas du tube RR et les deux côtés QR. De cet œilleton y', on vise par le centre de cette fenêtre, ce qui est très commode, et du reste suffisant lorsqu'on veut simplement chercher une étoile remarquable ou une petite constellation. Mais l'œilleton y et la ligne de visée précise doivent être employés, si une confusion est possible entre des étoiles rapprochées, et surtout si l'on veut effectuer une détermination exacte d'heure.

Toutes les surfaces internes du tube de visée, et les parties externes voisines de l'œilleton ou de la fenêtre opposée, doivent être noircies et surtout aussi ternes que possible ; il faut, en effet, éviter les reflets, nuisibles à l'observation des étoiles, quand il fait de la lune, ou en raison de la lumière que l'on ne peut se dispenser d'avoir à proximité pour les lectures.

P (fig. 7 et 9) est un tube constitué par un enroulement de papier; on y a introduit la quantité de plomb de chasse nécessaire pour faire équilibre au tube de visée, autour de la vis O préalablement desserrée ; on a emprisonné ce lest en engageant, aux deux bouts du petit tube, des boulettes de papier froissé.

Sur le plateau horaire (fig. 7 et 8) est la graduation des déclinaisons, de 10° en 10°, centrée sur le trou O. D'autre part, au support de visée sont collés des index i et i'; ils portent un trait unique, en coïncidence avec le zéro des graduations, lorsque la ligne de visée menée bien à égale distance des deux bords QR de la fenêtre est perpendiculaire à la direction de l'axe NS.

On vissera un morceau de planchette sur le manche, à la même hauteur que le plateau, mais du côté opposé ; il n'a pas été représenté sur les figures, pour éviter de les compliquer. Il pourra être utilisé à consolider le plateau, en mettant des cales ou des entretoises entre les deux pièces; on y fixera, extérieurement, le poids nécessaire pour que l'ensemble se maintienne toujours en équilibre indifférent autour de l'axe, reposant dans ses V.

Sur le bout supérieur de celui-ci, on remarquera un piton ouvert. Il sert à suspendre l'axe, lorsqu'on le rentre à la maison ; car, ni lui ni le carton H ne peuvent rester exposés aux intempéries ; la caisse et les montants demeurent, au contraire, en principe à l'emplacement choisi; ils ont supporté de fortes bourrasques sans inconvénient, et même sans qu'on ait eu de retouches à faire subir à l'orientation, lorsqu'on a voulu observer de nouveau.

On doit prévoir le cas où l'on est surpris par une averse, et celui où l'axe reste en place aux heures où le brouillard tombe, entre le plein jour et les étoiles du soir; à cet effet, il est utile de confectionner, en papier goudronné par exemple, une grande coiffe pour l'ensemble du plateau horaire et de la visée, et une protection appropriée pour le carton H et les index I.

Il faudra préparer un coin en bois C (fig. 1) peu ouvert (25° à 30° environ), destiné à supporter la caisse, sous le montant Sud ; une brique B à mettre sous le côté Est ; et un second coin, analogue au premier, qui sera engagé sous le côté Ouest, symétriquement à la brique.

On constituera un fil à plomb, au moyen d'un fil de 1 m. de longueur, à l'un des bouts duquel on mettra un petit objet en métal, de forme géométrique.

Enfin, on aura une planchette A'B'C'D' (fig. 10) analogue à celle qui a servi pour constituer le plateau horaire, ou un carton plus grand, fort et rigide. L'arête A'B' devra être bien nette et rectiligne. O' est un trou étroit par lequel passe un petit fil à plomb ; avec un bon rapporteur, on trace un rayon O'L' faisant avec A'B' un angle égal au complément de la latitude (47° 1/2 par exemple, si la latitude est 42° 1/2).

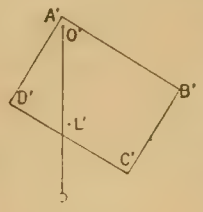


Fig. 10.

II. — EMPLOI

Il faut d'abord caler l'appareil à son emplacement définitif, en plein air. Le sol doit y avoir

été dégagé, et suffisamment aplani et tassé. On marquera le point où l'on aura l'intention de poser le centre de la caisse. En s'y plaçant, le soir, on remarquera et on repérera la direction de l'étoile polaire. On fera, par exemple, porter dans cette direction une lanterne allumée, et à 30 ou 40 pas on fera planter un piquet vertical qui marque bien le point où se trouve la lanterne, sous la polaire.

Si on ne peut voir celle-ci, on se servira de l'ombre d'un piquet vertical (fig. 11), d'au moins 1 m. 5 de hauteur. Si PA est une ombre mesurée vers 10^h du matin, par exemple, et PB une ombre égale à la première, mesurée dans l'après-midi, la bissectrice PM de l'angle APB sera la trace du méridien; on la repérera à l'aide d'un autre piquet, à distance convenable. Ultérieurement, au cours des observations proprement dites, l'instrument fournit lui-même les éléments d'une rectification exacte de son orientation.

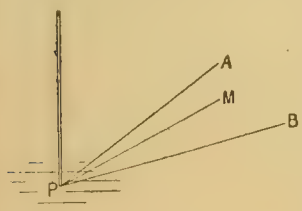


Fig. 11

La caisse reposant sur la brique et sur les deux coins, le plan vertical de l'axe, prolongé à la vue, doit passer par le repère méridien. On présentera le fil à plomb au voisinage du montant nord; si celui-ci ne paraît pas bien vertical, on enfoncera ou, au contraire, on retirera le coin ouest pour réaliser cet aplomb.

On donnera ensuite à l'axe une inclinaison égale à la latitude du lieu, relevée sur une carte, au demi-degré. Appliquant l'arête A'B' (fig. 10) le long de la génératrice inférieure du manche, dans une partie dégagée, le petit fil à plomb devra passer par le point L'; sinon, on manœuvrera le coin sud jusqu'à ce que ce résultat soit obtenu. Par précaution, il sera bon, aussitôt, de tourner l'axe de 12^h, d'après le cercle des h_*; s'il est arqué dans sa longueur, on trouvera un léger écart; dans ce cas, on manœuvrera encore le coin sud, pour réaliser une position moyenne du fil, relativement au point L'.

Les dernières opérations pouvant avoir influé sur le résultat des premières, il y aura lieu de les recommencer toutes, dans le même ordre. Comme il ne s'agira plus que de petits déplacements, les chances de dérangement deviendront minimes.

On cherchera, dans le secteur sud de préférence, un point éloigné, de petite dimension apparente, quoique bien visible le jour, et on le prendra comme *mire*. On dirigera sur ce point la ligne de visée, l'écran QQ étant à la droite du champ; l'œilleton est alors, par rapport à la graduation des D, du côté du mot œilleton.

On lira et on inscrira les indications de I, I', i et i', par exemple $\left.\begin{matrix}9^h\,45^m\\21^h\,47^m\end{matrix}\right\}$ $\left\{\begin{matrix}-25^\circ\\-28^\circ\end{matrix}\right.$

On fera ensuite un retournement, c'est-à-dire que l'on fera tourner l'axe de 12^h sur lui-même, et le tube de visée bout pour bout; on pointera alors de nouveau sur la mire, on lira et on inscrira $\left.\begin{matrix}21^h\,46^m\\9^h\,49^m\end{matrix}\right\}$ $\left\{\begin{matrix}-29^\circ\\-29^\circ\end{matrix}\right.$ Pour la lecture des i et i', on aura soin de prendre le signe contraire de celui qui est marqué sur la graduation; et ce sera une règle à appliquer toutes les fois que l'œilleton sera tourné du côté opposé à celui où est le mot œilleton; l'écran est alors à gauche.

Nous écrirons $9^h\,46^m$ pour moyenne des premiers I et I' et $9^h\,47^m,5$ pour moyenne des seconds. La petite différence résulte de ce que la position du bord de l'écran n'est pas tout à fait celle qui a été définie, dans la description; on retouchera cette position, et au bout de quelques tâtonnements, on ne trouvera plus qu'une différence négligeable. Au lieu d'un seul pointé dans chaque sens, il est prudent d'en effectuer trois, et d'en prendre la moyenne, en conservant les décimales.

En ce qui concerne les D, on retouchera les positions des traits de i et i', pour les faire correspondre à la moyenne des lectures, qui est, dans notre exemple, $27^\circ,75$. De nouveaux retournements, sur la mire, ou sur d'autres objets, ne devront plus faire ressortir d'écart sérieux. La précision à réaliser ici n'est du reste pas du même ordre que pour les lectures de I et I'.

Après cela, on fera tourner l'axe par une action directe de la main, jusqu'à amener le plateau à paraître vertical; et d'autre part on fera pivoter le support de visée pour mettre aussi vertical le côté long, l'œilleton en bas. On approchera le fil à plomb contre le côté qui est libre, entre la vis O et le contrepoids P (fig. 7); alors, on donnera, s'il le faut, à l'axe le petit déplacement nécessaire pour parfaire la verticalité du plan du support; on lira I et I'. Puis on effectuera le retournement de l'axe, ainsi que celui du tube de visée, et on réalisera de nouveau la verticalité du plan du support; on lira I et I'. La moyenne générale des I et I' est ce que nous appellerons la *correction d'origine*, applicable à toutes les lectures des h_*.

Si cette moyenne est $0^h 17^m,3$, la correction sera $-0^h 17^m,3$, et si elle est $23^h 14^m,5$ la correction sera $-23^h 14^m,5$ et elle nécessitera que l'on ajoute d'abord 24 h.

Souvent, le contact du fil à plomb et de la surface libre du support présente de l'incertitude pour l'œil. En faisant adroitement osciller le plomb, parallèlement à la surface du support, la promptitude de l'amortissement de ce petit pendule indiquera si le frottement est plus ou moins grand; en adoptant, à cet égard, la règle que l'on voudra, on sera fondé à admettre que l'angle du fil et de la surface du support est, chaque fois, sensiblement le même ; et par conséquent le retournement en assurera la compensation, dans la moyenne générale des I. Si les deux axes idéaux de l'équatorial ne sont pas bien perpendiculaires l'un sur l'autre, l'inconvénient qui en résulte s'élimine aussi par ce retournement.

La détermination de la correction d'origine doit être effectuée fréquemment ; elle est à peu près indispensable chaque fois qu'on a eu à enlever et à remettre en place le carton H.

Pour s'exercer à *observer les étoiles*, on fera bien de commencer au crépuscule, sur les étoiles de première grandeur, par conséquent, et sur les grosses planètes. On manœuvre l'axe en saisissant avec la main une partie libre de cette pièce; d'autre part on tourne le support de visée en évitant de toucher le tube; on amène ainsi, approximativement, une des arêtes longues de ce tube dans la direction de l'astre, en mettant l'œil comme si cette arête était une ligne de visée. Cela fait, on approche l'œil tout contre le prolongement cylindrique de l'œilleton y. Grâce à ce qui reste de jour, on aperçoit suffisamment le bord de l'écran et les côtés de la fenêtre, de sorte qu'il est facile d'amener l'astre assez exactement à égale distance de ces côtés, puis contre le bord de l'écran.

Lorsque la nuit est faite, on a un choix d'étoiles bien plus étendu ; mais, lorsqu'on observe des étoiles pâles, on ne distingue plus ni le bord de l'écran ni les côtés de la fenêtre. Dans les instruments d'observatoire, on éclaire les fils du réticule sans nuire à la vision des étoiles, parce que l'objectif de la lunette amplifie considérablement l'éclat de celles-ci ; mais notre visée à l'œil nu ne nous permet pas d'éclairer impunément les contours de la fenêtre. Voici comment on procédera dans ce cas, qui est loin d'être défavorable au point de vue de l'exactitude.

Grâce à la lumière dont on est muni, même masquée, on n'a pas de difficulté à diriger, comme on l'a dit un peu plus haut, sur l'étoile choisie, une arête longue ou une face du tube; cela fait, l'astre est nécessairement dans le champ de visée, et on l'y apercevra en approchant l'œil du prolongement de l'œilleton ; ou bien il serait sous l'écran, et il faudrait faire tourner un peu l'axe pour le voir apparaître; l'emploi de l'œilleton y' tirerait toujours d'embarras.

Si on ne voit rien des bords de la fenêtre et de l'écran, il faudra, en tournant l'axe seul, commencer par amener l'étoile à disparaître et à reparaître aussitôt; elle sera ainsi non loin de l'écran, que nous supposerons à droite. Puis on tournera le support de visée seul, jusqu'à ce que l'étoile disparaisse derrière un des bords, et on la fera réapparaître un peu ; on lira la D à l'un des index. On fera de même avec l'autre bord, on lira encore la D.

On mettra l'index à la moyenne de ces D, dont on prendra note du reste. Enfin on fera disparaître l'étoile derrière le bord de l'écran, par un mouvement très lent de l'axe seul, que l'on arrêtera aussitôt. On notera l'heure de la montre, et on lira I et I'. Sans modifier l'angle de D, on produira une seconde, puis une troisième disparition de l'étoile, avec lectures des heures et des I et I', ce qui constituera une série normale de 3 observations. Ultérieurement, pour l'utiliser, on calculera la moyenne des heures-montre et la moyenne générale des I et I', et on considérera que celle-ci doit correspondre à celle-là; on conservera les dixièmes de minute provenant des calculs.

On peut faire un retournement, comme il a été expliqué pour la mire. Il est loin d'être nécessaire, mais il constitue une vérification; en outre, avec les étoiles très brillantes, il corrige un effet d'irradiation, qui est nul avec les étoiles moyennes ou faibles.

On effectuerait encore trois visées, en notant les heures-montre et les I et I', et on calculerait les moyennes, comme il a été dit; si on lisait la D, il faudrait l'affecter d'un signe contraire à celui inscrit sur le plateau.

Comment tire-t-on parti de l'observation d'un astre pour *régler la montre?* On a obtenu, en définitive, une moyenne d'heures-montre et une moyenne correspondante des I et I'. On apportera à cette dernière la correction d'origine, et on aura ainsi h_* dans le lieu. En retranchant ou ajoutant la longitude, suivant qu'elle est orientale ou occidentale, on aura h_* pour Paris. Or on a la formule :

$$\text{heure légale} = h_* \text{ de Paris} + \text{AR}_* - 12\,h - 9^m3 - \text{temps sidéral de Paris},$$

et ce dernier se trouve sur l'*Annuaire* (p. 87). On obtiendra ainsi l'heure légale, qu'il n'y aura qu'à rapprocher de la moyenne d'heures-montre.

Exemple :

27 septembre 1919, vers 5 h. ½ matin, corr. d'origine — $7^m,7$; longit. orient $2^m,5$; observation d'Aldébaran, dont $AR_* = 4^h31,3$ et $D_* = +16°,3$.

Moyenne des I	$1^h19^m,9$
	$-7^m,7$
h_*	$1^h12^m,2$
	$-2^m,5$
h_* Paris	$1^h09^m,7$
AR*	$4^h31^m,3$
	$5^h41^m,0$
	$-9^m,3$
	$5^h31^m,7 + 12^h$
Temps sid. Paris	$12^h20^m,1$
Heure légale	$5^h11^m,6$
Moyenne montre	$5^h28^m,8$
Correct. montre ..... +	$23^h42^m,8$

(C'est donc un retard).

L'exactitude des résultats n'est pas la même avec toutes les étoiles. Notamment, le mouvement diurne de la Polaire étant extrêmement petit, la moindre erreur de visée se traduirait, sur l'heure calculée, par une erreur immense. Ceci fait sentir l'inconvénient, au point de vue de la détermination exacte de l'heure, d'utiliser des astres trop éloignés de l'Equateur. Suivant que D est 71°, 60°, 45°, 0°, une erreur de visée de 1°/4, c'est-à-dire de 15^m, produit sur l'heure un écart de 3^m, 2^m, 1^m4 et 1^m respectivement. *Les étoiles auxquelles il faut donner la préférence sont donc voisines de l'équateur*, et ce sont aussi celles qui fourniront *l'heure la moins affectée par une erreur d'inclinaison de l'axe.*

Ce dernier avantage s'étend aux autres étoiles, lorsqu'on les observe *au voisinage du méridien :* l'élément sur lequel se porte alors l'erreur, intégralement, est la D; et il n'y a pas d'inconvénient sérieux, D n'étant qu'un renseignement et ne constituant jamais un des buts de nos observations. Les observations au voisinage du méridien sont, en outre, plus exemptes que les autres de la petite déviation hors du cercle horaire qui résulte de la réfraction.

Passons aux observations du *Soleil*. Son ombre se prête à l'emploi d'un mode d'observation indirect qui peut être très sensible. X,X (fig. 9) sont deux bandes étroites de papier blanc, collées aux deux bouts du support de visée. On prend vite l'habitude de manœuvrer l'axe de façon que, la tranche de X étant encore éclairée, il suffise du plus petit mouvement, dans le sens voulu, pour que cette tranche devienne obscure. Si, chose probable, il existe un petit angle entre la direction du Soleil et la surface du support, l'erreur change de sens après le retournement, et la moyenne des résultats en est débarrassée.

On fera trois visées avant le retournement, et trois visées après ; elles s'obtiennent en un court instant et sans fatigue pour les yeux. La moyenne générale des I et I', après avoir tenu compte de la correction d'origine, est l'*heure vraie locale* ; on en déduira celle de Paris. Enfin, à celle-ci, on ajoutera le *temps légal du passage au méridien de Paris*, pris pour la date dans l'*Annuaire*, p. 2 à 25.

Toutes les observations d'astres sont grandement facilitées et abrégées lorsqu'un aide écrit sous la dictée les lectures d'heures et les index, et même on pourra sans doute lui laisser le soin de lire lui-même l'heure-montre.

Nous allons maintenant expliquer, sur un exemple, *comment nous vérifions si le vertical de l'axe est exactement dans le méridien.* Le 18 octobre 1919 on a pu observer le Soleil, Fomalhaut, Véga, β Cassiopée, α Andromède, β Baleine. Le calcul des corrections-montre, conduit comme ci-dessus, a donné des valeurs comprises entre $+23^h37,7$ pour Fomalhaut, dont D = — 30°, et $+23^h45,1$ pour β Cassiopée, dont D = + 58°7. Cet écart doit être attribué à ce que l'axe n'était pas dans le méridien. Il est même facile de se rendre compte, *a priori*, que son vertical était quelque peu dans l'ouest par rapport au sud exact ; car ceci a pour conséquence qu'un astre, situé dans l'hémisphère sud, tel Fomalhaut, ne peut rencontrer le plan horaire d'index I qu'à une heure-montre plus tardive, autrement dit numériquement plus grande ; donc la différence entre l'heure obtenue par le calcul de l'observation, qui a pour point de départ la lecture I, et l'heure-montre est trop faible. Tandis que l'observation d'un astre non loin du zénith n'est pas affectée d'une façon importante.

Nous donnons, dans le Tableau I, pour la latitude moyenne de la France, la correction à apporter aux lectures I ou I', dans le cas où le vertical de l'axe de l'instrument se trouve écarté du méridien astronomique, de 1° compté du sud vers le sud-ouest.

TABLEAU I

D_*	Heure de l'astre, h_*, comptée du méridien supérieur.						
	0 ou 24	21 ou 3	19 ou 5	18 ou 6	17 ou 7	9 ou 15	12
+ 75	− 7m,8						+ 13m,4
+ 60	− 2m,7	− 0m,5	+ 1m,6	+ 2m,8	+ 4m,2	+ 6m,5	+ 7m,8
+ 50	− 0m,5	+ 0m,5	+ 2m,0	+ 2m,8	+ 3m,8	+ 5m,1	+ 6m,2
+ 45	0m,0	+ 0m,8	+ 2m,1	+ 2m,8			
+ 30	+ 1m,2	+ 1m,7	+ 2m,4	+ 2m,8			
0	+ 2m,8	+ 2m,8	+ 2m,8	+ 2m,8			
− 30	+ 4m,5	+ 4m'0	+ 3m,3	+ 2m,8			

Revenons à notre exemple du 18 octobre.

Si nous partons de la supposition que l'azimut du vertical est Sud 1° Ouest, les corrections fournies par interpolation dans le tableau sont + 3m,2..., etc. Nous les employons au calcul des 2es valeurs ; celles-ci sont sensiblement plus concordantes que les 1res valeurs, mais l'influence des D, sans être aussi manifeste, reste perceptible (Tableau II).

mettre de le tourner, par de tout petits déplacements autour du bout nord, jusqu'à ce que nous constations que la ligne de visée tombe bien sur la marque. Après cela, il sera évidemment nécessaire de vérifier et de rectifier l'inclinaison de l'axe.

Il est extrêmement désirable que rien ne s'oppose au maintien, à demeure, du repère méridien. Non seulement il permettrait de vérifier, à

TABLEAU II

Nom	h_*	D	Correction-montre	Tableau	2e valeur	1/2 tableau	3e valeur
Soleil	3 1/2	− 9°	+ 23h38m,2	− 3m,2	+ 23h41m,4	+ 1m,6	+ 23h43m,0
Fomalhaut	21	− 30°	37m,7	+ 4m,0	41m,7	+ 2m,0	43m,7
Véga	3	+ 39°	39m,1	+ 1m,3	40m,4	+ 0m,6	41m,0
β Cassiopée	22	+ 59°	45m,1	− 1m,0	44m,0	− 0m,5	43m,5
α Andromède	22	+ 29°	40m,4	+ 1m,6	42m,0	+ 0m,8	42m,8
β Baleine	21 1/2	− 18°	37m,9	+ 3m,7	41m,6	+ 1m,0	43m,4

Essayons 1°/2 de plus ; les corrections supplémentaires seront 1/2 des précédentes, soit + 1,6..., etc. Les 3es valeurs sont, non seulement plus serrées, mais il ne s'y manifeste plus d'influence systématique de D. Nous en concluons que l'azimut de l'axe est sensiblement Sud 1° 1/2 Ouest.

Pour utiliser ce renseignement, nous rendons vertical le plateau horaire, au moyen du fil à plomb, puis nous amenons la ligne de visée à être à peu près horizontale, vers le sud de préférence. Nous plantons un jalon vertical dans la direction exacte de la ligne de visée, et à 15 ou 20 m. ; soit d cette distance mesurée. L'arc de 1° 1/2, au jalon, vaudra $1{,}5\,\frac{d}{60}$. A cette distance du jalon, et vers la gauche pour notre exemple, nous plantons un bon piquet, et nous y faisons une marque qui soit bien à $1{,}5\,\frac{d}{60}$ de la ligne de visée.

Ensuite, nous soulevons très peu, et avec précaution, le bout sud de la caisse, pour per-

tout moment utile, la bonne orientation de l'instrument ; mais, par la suite, bien des observations fourniraient de nouvelles valeurs de l'azimut, dont on pourrait faire la moyenne, grâce à la visée du repère commun ; on aboutirait ainsi à une valeur tout à fait sûre, surtout si le vertical de l'axe s'était trouvé tantôt d'un côté du méridien, tantôt de l'autre.

En astronomie, on trouve des facilités dans l'observation de la Polaire pour déterminer le méridien ; la nature de notre dispositif nous a obligé, comme on voit, à porter nos préférences sur les étoiles horaires.

Nous allons maintenant expliquer comment on peut *trouver le nom d'un astre* que l'on voit dans le ciel, et nous prendrons d'abord le cas où l'on connaît déjà un premier astre (Polaire exclue).

On desserrera la ficelle de l'index I, juste assez pour qu'on puisse faire glisser le tube autour de l'axe, mais que, à part cela, il suive bien tous les mouvements de l'axe. On prend dans l'annuaire l'AR de l'astre connu. On amène la ligne

de visée dans sa direction, et, maintenant ensuite l'axe pour l'empêcher de tourner, on fait glisser le tube de l'index jusqu'à ce que I marque la dite AR. Aussitôt, on dirige la ligne de visée sur l'astre inconnu; l'index, entraîné par l'axe, vient marquer l'AR de ce dernier astre ; on lit aussi la D. Avec ces deux renseignements, l'*Annuaire* fournit le nom demandé.

Inversement, si l'on veut trouver dans le ciel un certain astre, on en prend dans l'*Annuaire* l'AR et la D, et, en plus, l'AR d'un astre déjà connu et visible. On amène la ligne de visée sur celui-ci; alors, maintenant l'axe pour l'empêcher de tourner, on fait glisser le tube de l'index I, jusqu'à ce que celui-ci marque l'AR de l'astre connu. Aussitôt, on fait tourner l'axe pour que l'index, entraîné par lui, marque l'AR de l'astre cherché, et d'autre part on met l'index i à sa D. L'astre cherché se trouve dans le champ de visée. En cas d'hésitation entre deux astres rapprochés, on mettra l'œil au petit œilleton y.

Si l'on ne reconnaît avec certitude aucun des astres qui sont au-dessus de l'horizon, ou si le ciel est nuageux et si les astres ne sont visibles que dans des éclaircies, on ne se servira pas de la graduation des AR_*, mais bien de celle des h_*, et il faudra admettre que la montre dont on dispose marque, au moins *grosso modo*, l'heure légale. On fera en sorte que I soit sur zéro lorsque le plan horaire est vertical ; on serrera la ficelle du tube.

On a h_* de Paris = [heure légale — 12 h.] + 9,3 — AR_* + temps sidéral de Paris (*Ann.*, p. 87).

et h_* locale = h_* Paris $\begin{cases} + \text{ longitude orientale,} \\ - \quad\quad \text{occidentale.} \end{cases}$

On tournera l'axe de l'instrument de manière que I soit sur h_* locale, et on mettra i à D_* ; approchant l'œil de y' ou de y, on apercevra l'astre dans le champ de visée.

Si, au contraire, on veut trouver le nom d'un astre que l'on aperçoit dans le ciel, on le visera, on lira I et i; celui-ci fournit D_* ; celui-là donne h_* locale. Puis on calculera :

h_* Paris = h_* locale $\begin{cases} - \text{ longitude orientale,} \\ + \quad\quad \text{occidentale,} \end{cases}$

et enfin AR_* = [heure légale — 12 h.] + 9,3 — h_* Paris + temps sidéral de Paris. Avec AR_* et D_*, l'*Annuaire* fournira le nom demandé.

Vice-Amiral F. Arago.

REVUE DE MYCOLOGIE

DEUXIÈME PARTIE : **MYCOLOGIE APPLIQUÉE**[1]

Les Champignons préoccupent l'homme en tant qu'êtres vivants se nourrissant de matières organiques inanimées ou vivantes et en tant que matière organique comestible, indigeste ou vénéneuse.

Par son mode d'alimentation, tout Champignon est à proprement parler saprophyte; mais l'usage restreint cette dénomination à ceux qui se nourrissent de produits sans vie et nomme parasites ceux qui s'attaquent aux corps vivants.

La distinction n'est pas toujours tranchée, car le parasite ne limite pas son attaque à la substance vive. D'autre part, le parasitisme comporte un certain degré de réciprocité, car l'hôte et le parasite se partagent la nourriture qu'ils élaborent en commun.

Les *Onygena*, saprophytes des tissus cornés, sabots, poils, plumes, trouvent un auxiliaire dans l'organisme vivant des Vertébrés. Les ascospores ayant traversé le tube digestif et rejetées avec les crottins germent aussitôt, tandis que les spores extraites des asques ne germent pas. M. Brierley[1] cherche l'explication de ce phénomène. Les ascospores d'*Onygena equina* parvenues à leur taille, mais encore immatures, germent immédiatement; au contraire, les spores mûres exigent une longue période de repos; ce délai est abrégé ou supprimé par l'action du suc gastrique artificiel; les acides seuls sont impuissants. Pendant la traversée du canal alimentaire, c'est donc l'action digestive du suc gastrique qui stimule la faculté de germer.

Parmi les saprophytes proprement dits, les uns sont utilisés dans l'industrie comme agents de fermentation ; nous avons mentionné incidemment l'action des Mucorinées, des *Cryptococcus*, *Mycoderma*, *Penicillium*. Les autres détériorent des produits manufacturés tels que le papier. M. Pierre Sée[2] extrait des papiers piqués 27 espèces de Champignons; il les cultive et reproduit les mêmes altérations variant, selon l'agent, en couleur, en étendue, en profondeur. Par une

1. Voir la première partie dans la *Revue gén. des Sciences* du 15 mars 1920, p. 148.

1. *Ann. Botany*, t. XXXI ; 1917.

2. Les Maladies du papier piqué. Les Champignons chromogènes qui les provoquent. Les moyens d'y remédier. 1 vol. in-8°, 167 p. et 16 pl. Paris, O. Doin, 1919.

audacieuse métaphore, il compare le papier piqué à un malade qu'on pouvait préserver et qu'on doit guérir en détruisant l'agent délétère et en en effaçant les traces.

A l'Ecole de Papeterie de Grenoble, on s'inquiétait d'une Sphériacée introduite sur une Monocotylédone coloniale servant à la fabrication de la pâte à papier; ces pâtes étaient réfractaires au blanchiment. M. F. Moreau [1], ayant décoloré rapidement à l'aide de l'hypochlorite de soude les pigments bruns de divers Champignons, pense que le cas particulier signalé à Grenoble est exceptionnel.

Sans insister davantage sur les espèces profitables ou préjudiciables à l'industrie, occupons-nous des relations des Champignons avec les êtres vivants. Nous envisagerons : d'une part les espèces que l'homme consomme, d'autre part les parasites vivant aux dépens d'êtres vivants.

Nous ne reviendrons pas sur les Champignons comestibles, mentionnés incidemment à propos de la Flore mycologique. Nous allons donc parcourir les travaux concernant les empoisonnements (I), puis les parasites de l'homme (II), des Invertébrés (III), des végétaux (IV).

I. — Empoisonnements par les Champignons

On n'est pas encore fixé sur l'action toxique des Ascomycètes voisins de la Morille. L'anaphylaxie paraît intervenir dans l'empoisonnement par le *Gyromitra esculenta*. Dans les expériences de M. Dittrich [2], des Cobayes ayant consommé impunément de grandes quantités de cette Morille périssent rapidement à la suite de l'ingestion ultérieure d'une faible dose. Chez l'homme, les accidents parfois mortels suivent une seconde consommation de Morilles ou simplement de sauce ; du reste, tous les sujets ne sont pas également réceptifs ; il faut faire la part de l'idiosyncrasie.

Le même auteur [3] avait relevé en Allemagne en 1916 une centaine de cas mortels imputables pour la plupart à l'*Amanita phalloïdes*. L'un d'eux pourtant était dû à la consommation d'une assez forte dose d'*Inocybe frumentacea* (Bull.) Bres. Les symptômes rappelaient l'empoisonnement par l'*Amanita muscaria*. Ce Champignon était déjà signalé comme dangereux ; malheureusement il n'est figuré dans aucun ouvrage de vulgarisation.

Le *Tricholoma tigrinum* Sch. (*Tr. pardinum* Quélet), sans être aussi redoutable, puisque la violente gastro-entérite qui éclate une ou deux heures après le repas aboutit invariablement à un rétablissement complet au bout de deux à six jours, est justement dénoncé par M. P. Konrad [1]. C'est un hypocrite qui s'est fait prendre, même par des mycologues de profession, pour une forme de *Tricholoma terreum*. L'auteur déplore son absence des atlas répandus. Ses doléances sont à joindre à celles de M. Dittrich.

Une demi-science mycologique donne aux mycophages une sécurité plus trompeuse encore que la parfaite routine de l'empirisme. M. L. Dufour [2] ne connaissait pas d'exemple d'empoisonnement par les champignons à Fontainebleau où la consommation est limitée à quelques espèces bien tranchées au sujet desquelles les habitants n'ont aucune hésitation. Quelques Annamites amenés par les péripéties de la guerre loin de leurs Champignons familiers se régalèrent d'espèces ramassées sans discernement dans la forêt, entre autres, semble-t-il, l'*Amanita citrina* ; plusieurs furent malades ; l'un d'eux mourut.

Les Champignons, comestibles ou vénéneux, ne sont pas limités aux réceptacles volumineux. M. Herter [3] préconise la levure sèche comme succédané de la viande et de l'extrait de viande. M. Postolka [4] assure que les œufs ne sont pas gâtés par les moisissures généralement localisées à la chambre à air ; il suffit de rejeter la portion envahie pour les manger sans crainte.

L'ingestion d'aliments moisis n'est pas inoffensive. Les moisissures banales n'ont aucune propension au parasitisme ; on retrouve dans les excréments les *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Penicillium* introduits avec la nourriture. M. Turesson [5] ne cause aucun préjudice au lapin en les injectant dans les veines ; mais les moisissures ingérées en grande quantité par le même animal amènent un empoisonnement mortel.

Parmi les moisissures du pain, il convient de signaler le *Penicillium sitophilum* découvert par Montagne en 1841 sur le pain militaire et transféré par Saccardo au genre *Monilia*. Il a suivi les armées en Italie, où M. Mattirolo [6] le signale pour la première fois à Turin. Il forme des touffes orangées. J'en ai reçu pendant la guerre de la manutention de Bordeaux. M. Sartory [7] attribue des propriétés toxiques à la poudre d'œufs moisie.

1. Sur le blanchiment des pâtes à papier colorées par des mycéliums de champignons. 2 p. sans lieu ni date.
2. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, t. XXXV ; 1917.
3. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, t. XXXIV ; 1916.

1. *Bull. Soc. mycol.*, t. XXXV ; 1919.
2. *Bull. Soc. mycol.*, t. XXXIV ; 1918.
3. *Deutsche landw. Presse*, t. XLIV ; 1917.
4. *Centralbl. Bakt.*, 2, t. XLVI ; 1916.
5. *Svensk bot. Tidskr.*, t. X ; 1916.
6. *Atti R. Accad. Sc. Torino*, t. LII ; 1917-1918.
7. *Académie de Médecine*, janvier 1920.

II. — CHAMPIGNONS PARASITES DE L'HOMME

On ne songe plus à classer les tumeurs malignes dans le cadre mystérieux des blastomycoses. S'ils ne jouissent plus auprès des médecins d'une vogue inconsidérée, les Champignons bourgeonnants, mieux connus, se sont révélés comme de dangereux parasites déterminant des accidents variés.

Le rôle du *Cryptococcus farciminosus* dans la lymphangite épizootique transmissible du cheval à l'homme est définitivement établi. MM. Boquet et Nègre[1] le cultivent et l'inoculent; MM. Nicolle, Fayet et Truche[2] combattent la maladie du cheval par le suc autolysé de levure; M. Taskin[3] s'occupe aussi de son traitement.

Un *Saccharomyces* étudié par MM. Hudelo, Sartory et Monlaur[4] ne cause qu'un ramollissement suintant, eczématoïde, de la peau au niveau des plis naturels.

Entre ces deux extrêmes, MM. de Mello, Paes et Sousa[5] décrivent le *Saccharomyces Ferrani*, provoquant des abcès froids de l'aisselle. Le *Saccharomyces labialis* de M. Ribeyro[6] produit un œdème ulcéreux de la lèvre.

Des pseudotuberculoses spécifiques sont l'œuvre du *Saccharomyces Etiennei* étudié par M. Potron[7] et de quelques espèces voisines.

On distingue les *Monilia* des *Cryptococcus*, les *Endomyces* des *Saccharomyces* parce qu'ils ont des filaments allongés; les formes globuleuses tendent pourtant à les supplanter dans la vie parasite. Dans le rein de lapins inoculés par M. J. Magrou[8] avec un *Monilia albicans* isolé de crachats humains, les pelotons mycéliens, entravés dans leur accroissement, s'entourent de massues acido-résistantes comme les grains d'actinomycose.

Dans un cas de muguet, M. Acton[9] découvre un *Endomyces*, qu'il nomme *tropicalis*, mais qui diffère de l'*Endomyces tropicalis* Castellani 1913. Pour éviter la confusion, nous l'appellerons *Endomyces Actoni*.

Plusieurs *Endomyces* sont extraits des voies respiratoires : *E. pulmonalis* par M. A. Senez[10], *E. Vuillemini* par MM. de Mello et Fernandez[11], *E. Cruzi* par MM. de Mello et Paes[1]. Sous le nom d'*Oidium brasiliense*, M. Magalhaes[2] y signale un *Monilia* qu'il croit nouveau, sans se préoccuper du *Zymonema brasiliense* Splendore qui est aussi un *Monilia*.

Enfin nous trouvons dans des conditions toutes différentes un *Monilia* des ongles nommé à tort par MM. Emile Weil et Gaudin[3] *Spicaria unguis*. Selon la description, il doit se nommer *Monilia unguis*. On n'avait pas encore publié de *Monilia* dans les onychomycoses; mais j'en connais un cas antérieur, inédit.

Les mêmes auteurs signalent dans des onychomycoses du gros orteil le *Sterigmatocystis unguis* n. sp., le *Scopulariopsis cinerea* (dont l'attribution générique est discutable) et plus souvent le *Scopulariopsis brevicaulis*.

M. Sartory[4] insiste à nouveau sur la fréquence de cette dernière espèce et de ses congénères dans les onychomycoses.

Le *Scopulariopsis Koningii*, déjà signalé dans des lésions gommeuses, produit des onychomycoses accompagnant la gelure des pieds. Dans cette maladie, qu'ils nomment pied de tranchée, MM. Raymond et J. Parisot[5] ont récolté une flore mycologique variée en semant des débris de peau, des crachats, du sang; la déchéance de l'organisme, le refroidissement des extrémités préparent le terrain aux moisissures généralement inoffensives.

On hésitait à inscrire au nombre des Champignons pathogènes les espèces qui, d'habitude, ne poussent qu'au-dessous de 37°. Les recherches de M. Mangin ayant établi que les limites thermiques sont différentes dans les souches d'une même espèce, la question devait être reprise.

Une moisissure ayant la morphologie du *Penicillium glaucum* cause une pseudo-tuberculose étudiée par M. Giordano[6].

Une souche d'*Aspergillus glaucus* isolée par Raymond et Parisot d'une escarre de pied de tranchée, et appartenant à l'*Eurotium repens*, prospère à 38°: L'*Eurotium Amstelodami* Mangin, que je considère comme une variété thermophile d'*Eurotium repens*, présente des souches pathogènes. J'en ai signalé[7] une dans une tourniole soignée à l'Hôpital auxiliaire de Malzéville. Le Dr Puyhaubert m'en a envoyé deux autres de Constantinople ; l'un de ces cas est particulièrement intéressant, car des périthèces ont été

1. *C. R. Acad. Sc.*, 18 février 1918. — *Ann. Inst. Pasteur*, t. XXXIV; 1919.
2. *C. R. Acad. Sc.*, 31 déc. 1917.
3. *Rev. Méd. vétér. d'Alfort*, t. XCV; 1919.
4. *Bull. Acad. Méd.*, 15 oct. 1918.
5. *Arquivos de Hig. e Pat. exot.*, t. VI; 1918.
6. *Anales Fac. medic. Lima*, t. I; 1918.
7. *Rev. médic. de l'Est*, 15 nov. et 1er déc. 1913.
8. *Montpellier médical*, t. XXXIX; 1916.
9. *Indian Journ. med. Res.*, t. VI; 1919.
10. *Boletin del Labor. de Bacter. de Tucuman, Rep. argentina*, t. I; 1918.
11. *Arquivos de Hig. e Patol. exot.*, t. VI; 1918.

1. *Ibid.*
2. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, t. X; 1918.
3. *Arch. Méd. expér.*, t. XVIII; 1919.
4. *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXXII, 5 juillet 1919.
5. *C. R. Acad. Sc.*, 1er mai 1916; — 22 janv. 1917.
6. *Annali di Med. navale e colon.*, t. XXIV.
7. *C. R. Acad. Sc.*, 26 févr. 1917.

extraits d'une lésion gommeuse fermée de la joue.

Dans une adénite simulant un bubon pesteux à Salonique, le regretté Dr Jolly[1] a découvert une nouvelle espèce que j'ai nommée *Nocardia Jollyi*[2]. Au même laboratoire, les Drs Puyhaubert et Jolly[3] trouvent le *Madurella Mycetomi*, parasite tropical importé par un nègre de la Côte d'Ivoire.

III. — CHAMPIGNONS PARASITES DES INVERTÉBRÉS

M. Turesson[4] impute à l'*Aspergillus flavus* une mycose des Abeilles qui ravage les ruches en Suède. Une maladie semblable a été signalée en Allemagne, en Danemark et par Howard en Amérique sans détermination d'espèce. On se rappelle que c'est dans les nids de Guêpes à Breslau qu'Eidam découvrit le *Sterigmatocystis nidulans*, depuis signalé, comme l'*Aspergillus flavus*, dans des mycoses humaines.

M. Vincens[5] découvre le *Beauveria Peteloti* sur des Guêpes et une Aphide de Belem (Brésil). MM. Portier et Sartory[6] attribuent la muscardine du *Cossus Cossus* à une espèce nouvelle, *Spicaria Cossus*, qui est rose comme le *Spicaria Aphodii*. Selon les mêmes auteurs[7], une forme de *Botrytis Bassiana* momifie les chenilles de *Nonagria typhae* extraites de la moelle de la Massette et conservées à l'humidité. Ils décrivent[8] un *Fusoma* thermophile qui semble vivre en symbiose avec les tissus d'une Araignée, *Epeira diadema*.

IV. — CHAMPIGNONS PARASITES DES VÉGÉTAUX

Les parasites des végétaux n'ont rien perdu de leur vogue. On se préoccupe de l'influence réciproque de l'hôte et du parasite ; on précise d'une part les conditions qui rendent tel sujet plus ou moins réfractaire, d'autre part celles qui accoutument un Champignon à restreindre ses attaques à telle espèce, à telle race. Les deux faces du problème sont d'une part la spécialisation d'une espèce de parasite en formes biologiques, de l'autre la sélection des races culturales qui croissent impunément au milieu des parasites, sans nécessiter l'emploi onéreux et précaire des parasiticides.

Le parasitisme entraîne souvent la stérilité de l'hôte. On n'a pas oublié les nombreux travaux consacrés à la castration parasitaire sous l'impulsion d'A. Giard. La réciproque est vraie. On connaît beaucoup de Champignons parasites qui se propagent indéfiniment sans se reproduire. M. Peglion[1] observe un *Oidium* analogue à ceux des *Podosphæra*, qui hiverne dans les bourgeons de *Photinia serrulata* ; il pense que le parasitisme dispense ce Champignon de se reproduire au moyen de périthèces. On pourrait parler de castration hospitalière comme contre-partie de la castration parasitaire.

Les paragraphes de ce chapitre concernent les parasites de divers ordres : A) Phycomycètes, B) Urédinées et Ustilaginées, C) Basidiomycètes, D) Ascomycètes et Champignons incomplets. Sans entrer dans le domaine de la pathologie, nous nous attacherons surtout aux travaux qui précisent les relations biologiques des parasites et de leurs hôtes.

A. — **Phycomycètes**

Nous accueillerons avec réserve les observations concernant le parasitisme des Mucorinées sur les végétaux. M. Hawkins[2] impute au *Rhizopus nigricans* comme au *Pythium de Baryanum* de sérieux ravages dans les champs de Pomme de terre. Orton l'avait déjà dénoncé. Le plus souvent le *Rhizopus* contribue à la pourriture des fruits. Les fruits mûrs, quoique vivant encore, sont incapables de réagir et de se comporter autrement qu'un tissu inerte vis-à-vis d'un saprophyte.

Le *Rhizopus nigricans* est, pour M. Wormald[3], l'agent de la pourriture de la tomate. M. F. L. Stevens[4] s'est occupé à plusieurs reprises des fraises gâtées ; il pensait d'abord que les voies sont préparées au *Rhizopus* par les *Botrytis*; dans une note ultérieure[5], puis dans un travail fait en collaboration avec M. Peterson[6], il attribue le rôle essentiel au *Rhizopus* pénétrant à la faveur des érosions superficielles produites par la manipulation des fruits, le plus souvent sans l'aide d'un parasite précédent. MM. Neil E. Stevens et Wilcox[7] arrivent aux mêmes conclusions et les étendent des fraises aux framboises et aux mûres de ronce.

L'*Olpidium Nicotianæ* cause, selon M. Preissecker[8], la jaunisse du Tabac en Dalmatie. MM. Shaw et Sundararaman[9] attribuent au *Pythium palmivorum* la pourriture du bourgeon

1. *Bull. Soc. Path. exot.*, t. XII ; 1919.
2. *Revue méd. de l'Est*, t. XLVIII ; 1920.
3. *Bull. Soc. Path. exot.*, t. XII ; 1919. — *Arch. Med. exper.*, t. XXVIII ; 1919. — *Revue méd. de l'Est*, t. XLVIII ; 1920.
4. *Botaniska Notiser*, t. V ; 1917.
5. *Bull. Soc. bot.*, t. LXII ; 1916.
6. *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXIX ; 1916. — *Internat. agr. techn. Rundschau*, t. VII ; 1916.
7. *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXIX ; 1916.
8. *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXIX ; 1916.

1. *Atti R. Acc. Lincei*, t. XXV ; 1916.
2. *Journ. Agric. Res.*, t. VI ; 1916.
3. *Journ. Southeast Agr. Coll. Wye*, n° 22, 1914.
4. *Science*, n. s., t. XXXIX ; 1914.
5. *Science*, n. s., t. XLI ; 1915.
6. *Ibid.*
7. *Journ. Agric. Res.*, t. VI ; 1916. — *U. S. Dep. of Agric., Bull.* n° 531, mai 1917, et n° 686, juin 1918.
8. *Fachl. Mitt. œsterr. Tabakregie*, 1917.
9. *Ann. mycol.*, t. XII ; 1914.

de Cocotier; du district de Godavari le parasite a gagné Malabar. Le *Pythium conidiophorum*, parasite des Spirogyres du lac de Scutari, découvert par M. Jokl[1], est pourvu d'oospores parthénogénétiques; les sporocystes, au lieu de diviser leur contenu en zoospores, fonctionnent comme conidies; cette abréviation de développement n'est pas, comme chez les Péronosporées, en rapport avec une adaptation à la vie aérienne.

Le *Stigeosporium Marattiarum*, type d'un nouveau genre de Péronosporées, découvert par M. C. West[2] dans les mycorhizes des Marattiacées, a des spores durables analogues aux oogones des *Phytophthora*, mais indépendantes des phénomènes sexuels.

M. Rutgers[3] étudie le mildew du Maïs causé aux Indes néerlandaises par le *Peronospora Maydis* Rac. M. Dastur[4] observe des *Phytophthora* sur l'*Hevea brasiliensis* et le *Vinca rosea*.

M. Wartenweiler[5] s'occupe des formes spécialisées que l'on a séparées parmi les *Plasmopora* d'après les dimensions des spores et des sporophores. Ces différences, dont l'appréciation est toujours délicate, pourraient être des modifications temporaires dues à l'influence directe de la plante hospitalière.

De tous les Phycomycètes, c'est le *Phytophthora infestans* de la Pomme de terre qui retient plus particulièrement l'attention. M. Eriksson[6] veut expliquer par la dissociation d'un mycoplasma sa réapparition vers la mi-avril sous châssis et à la fin de l'été en plein champ. M. Dastur[7] constate qu'il est plus fréquent sur les collines que dans les plaines de l'Inde. On pense en finir avec ce fléau par la culture de races réfractaires. M. Lundberg[8] préconise une race sélectionnée à l'Institut de Svalof.

B. — Urédinées et Ustilaginées

M. Migula[9], dont la plume féconde ne se borne pas aux Bactéries, vient d'appliquer son talent de compilateur aux Ustilaginées et aux Urédinées. De l'avis d'un de ses compatriotes versé dans la connaissance de ces groupes, M. Dietel, il retarde sur bien des points.

Nous trouvons des documents plus personnels dans le Catalogue des Urédinées de Bavière de M. H. Paul[1] et dans la description des Urédinées sud-africaines de M. Pole Evans[2], qui débute par quatorze parasites des Composées dont quatre espèces nouvelles. M. Arthur[3] signale de nouvelles espèces américaines. M. Rees[4], revisant les rouilles de *Fritillaria*, découvre l'*Uromyces aecidiiformis* dans une espèce que Straus prenait pour un *Uredo*.

La rouille de l'Asperge, introduite aux Etats-Unis avec son hôte, exerce en Amérique des ravages beaucoup plus sérieux qu'en Europe. Elle est souvent entravée, dans l'ancien continent, par deux parasites de l'*Uredo*, *Tuberculina persicina* et *Darluca filum*. M. Shear ne pense pas qu'il suffise d'importer ces concurrents pour restreindre le dommage; il s'agit plutôt d'une moindre résistance des Asperges dépaysées.

Le parasitisme exige une certaine concordance entre la constitution physico-chimique, l'organisation, les conditions d'existence de l'hôte et du parasite. Cette appropriation varie sous l'influence réciproque des deux êtres et il s'établit, du côté de l'hôte, des sortes plus sensibles ou plus réfractaires, du côté du parasite des races physiologiques ou formes spécialisées, étroitement adaptées à des hôtes déterminés, à telle espèce ou à telle sorte.

Les rouilles des Graminées continuent à faire l'objet de nombreuses expériences qui éclairent le problème de la spécialisation du parasitisme.

Il n'est pas douteux que certaines Urédinées envahissent des hôtes habituellement indemnes. M. Klebahn[5] cite l'exemple du *Cronartium asclepiadeum* attaquant le *Schizanthus* et le *Tropæolum*, celui du *Puccinia Graminis* f. *Tritici* qui ne passe pas directement du Blé à l'Avoine, mais qui attaque l'Avoine quand il a fait sur l'Orge un stage intermédiaire. L'Orge sert de pont entre le Blé et l'Avoine.

Plus généralement, la pléophagie est primitive et la spécialisation secondaire du parasite résulte de la spécialisation de ses sécrétions. Telle est du moins l'explication de M. Zelisko[6]. Dans le principe, le parasite sécrète divers ferments selon les besoins. Lorsqu'il s'accoutume à un hôte particulier, il cesse de sécréter les ferments sans usage, mais exalte la production du ferment approprié à l'utilisation des matériaux de son hôte. Celui-ci réagit en augmentant au point d'attaque la sécrétion de ferments antagonistes;

1. *Oesterr. Bot. Zeitschr.*, t. LXVII; 1918.
2. *Ann. Botany*, t. XXXI; 1917.
3. *Mededeel. Laboratorium plantenziekt.*, n° 22, Batavia, 1916.
4. *Mem. Dep. Agr. India*, t. VIII; 1916.
5. *Ann. mycol.*, t. XV; 1917.
6. *C. R. Acad. Sc.*, 24 juillet 1914.
7. *Mem. Dep. Agr. India*, t. VII; 1915.
8. *Sveriges Utsedesf. Tiddskr.*, t. XXVI; 1916.
9. Die Brand und Rostpilze, etc. Stuttgart, 1917.

1. *Krypt. Forsch. bayer. bot. Ges.*, 1918.
2. *Trans. R. Soc. South Africa*, t. V; 1916.
3. *Bull. Torrey bot. Club*, t. XLII; 1915.
4. *Amer. Journ. Bot.*, t. IV; 1917.
5. *Die Naturwissenschaften*, t. V; 1917.
6. *Zentralbl. gesamte Forstwesen*, t. XLI; 1915.

mais bientôt il cesse un travail inefficace et supporte passivement l'intrus.

La composition chimique joue un grand rôle dans l'immunité et la prédisposition. D'après M. O. von Kirchner[1], la résistance des Blés au *Tilletia Tritici* (Ustilaginée) est en rapport avec l'acidité du suc des plantules. Le même auteur[2] constate que la sensibilité à la rouille est proportionnelle à la teneur en dextrose. Selon M. Montemartini[3], la prédisposition d'une céréale à la rouille change avec l'âge, mais pas uniformément suivant les individus et les années.

D'après les expériences instituées à Voronezh en 1913, par M. Litwinow[4], les lignées pures d'une même espèce de Blé offrent une résistance inégale en présence des rouilles. Certaines lignées de *Triticum vulgare* résistent plus complètement au *Puccinia Glumarum* qu'au *P. triticina;* c'est-l'inverse pour certaines lignées de *Triticum durum*, tandis que d'autres sont aussi sensibles aux deux. Une lignée pure de *Triticum monococcum* (var. *Hornemanni*) résiste aux deux, une autre (var. *flavescens*) résiste imparfaitement au *P. Glumarum*.

Au champ d'expériences d'Ultuna (Suède), le *Puccinia Glumarum*, selon M. E. Henning[5], respecte les Blés à épi serré; le *Puccinia Graminis* a nui surtout à l'Avoine, une seule sorte exceptée. Les *Ustilago* présentent les mêmes caprices.

Dans un important Mémoire, MM. Stakman et Piemeisel[6] isolent six formes biologiques de *Puccinia Graminis*. Ils les répartissent en deux groupes composés, le premier des *P. G. Tritici*, *Tritici compacti*, *Secalis*, le second des *P. G. Avenae*, *Phleipratensis*, *Agrostis*. La forme *Tritici* attaque fortement Blé et Seigle, faiblement l'*Agropyrum repens;* la forme *Secalis* se développe normalement sur le Seigle et le Chiendent. Le second groupe a pour hôtes l'Avoine, le *Phleum pratense* et divers *Agrostis;* la forme *Avenae* se développe normalement sur l'Avoine, bien sur *Agrostis alba*, faiblement sur *Phleum pratense;* la forme *Phleipratensis* normalement sur la Phléole, faiblement sur l'Avoine, non sur l'*Agrostis alba;* la forme *Agrostis* normalement sur divers *Agrostis*, très faiblement sur Avoine, non sur Phléole. Les trois formes du second groupe attaquent diverses herbes de prairie.

Les six formes du *Puccinia Graminis* se distinguent passablement par l'aspect, le coloris, les moyennes biométriques des urédospores. Elles se rencontrent sur le Seigle, l'Orge, le *Bromus tectorum*. Plusieurs formes coexistent sur la même plante, par exemple les formes *Tritici* et *Secalis*. Chaque hôte présente toutes les gradations entre la susceptibilité et l'immunité complète.

Les écidies du Tussilage proviennent du *Puccinia Poæ*. On était enclin à rapporter à la même espèce les écidies des Pétasites qui leur ressemblent. M. W. Lüdi[1] obtint bien des téleutospores en semant les écidiospores des Pétasites sur des *Poa*, mais pas d'écidies en semant les téleutospores du *Puccinia Poæ* sur Pétasite; le développement s'arrêtait à la formation de spermogonies. Dans les Alpes, les téleutospores de l'écidie des Pétasites se développent sur le *Festuca pulchella*. Le parasite se spécialise en changeant d'hôte et de station.

M. C. Gassner[2] a observé le ravage des champs de Blé et de Maïs par le *Puccinia Graminis* et le *P. Maydis* sous le climat subtropical de l'Uruguay; mais il n'a jamais rencontré d'écidies malgré la présence des hôtes intermédiaires attitrés, *Berberis* et *Oxalis*. Comme d'autre part les urédos disparaissent en hiver, chaque invasion annuelle exige un apport étranger de nouveaux germes. Ayant remarqué la persistance des urédos dans les régions tropicales du Brésil, l'auteur est convaincu que les courants atmosphériques emportent les urédospores brésiliennes et les dispersent chaque année sur les vastes campagnes cultivées de l'Uruguay. Le développement tronqué de la rouille en Uruguay est complété par l'évolution hétéroxénique totale du *Puccinia Graminis* au Brésil.

Les rouilles des Conifères exercent toujours la sagacité des forestiers. MM. Weyr et Hubert[3] décrivent une nouvelle espèce, *Peridermium filamentosum*, qui attaque le *Pinus ponderosa* et le *P. Murrayana* et qui a pour hôte intermédiaire un *Castilleja*.

M. Stewart s'occupe de la structure des galles produites par le *Peridermium Cerebrum*[4] sur le *Pinus Banksiana* et par le *Gymnosporangium juniperinum* et le *G. globosum*[5] sur les feuilles de Genévrier.

M. Trotter[6] s'assure expérimentalement que le Pommier, le Cognassier, les *Crataegus* sont réfractaires aux sporidies du *Gymnosporangium*

1. *Zeitschr. Pflanzenkr.*, t. XXVI; 1916.
2. *Jahresber. Ver. vaterl. Naturkunde Wurttemberg*, t. LXXII; 1916.
3. *Intern. agr.-techn. Rundschau*, t. VII; 1917.
4. *Bull. of applied Botany*, t. VIII; 1915.
5. *Intern. agr.-techn. Rundschau*, t. VII; 1916.
6. *Journ. Agr. Res.*, t. X; 1917.

1. *Centr. Bakt.*, 2, t. XLVIII; 1916.
2. *Zeitschr. Pflanzenkr.*, t. XXVI; 1916.
3. *Journ. Agr. Res.*, t. V; 1916.
4. *Amer. Journ. Bot.*, t. III; 1916.
5. *Ibid.*, t. II; 1915.
6. *Intern. agr. techn. Rundschau*, t. VIII; 1917.

Sabinæ qui donne le *Rœstelia cancellata* du Poirier. Mlle Sahli[1] s'occupe de la sensibilité des hybrides de Pomacées à l'égard des *Gymnosporangium*.

D'après M. E. Fischer[2], dans la postérité du *Sorbus quercifolia*, hybride de *S. Aria* × *aucuparia*, la réceptivité à l'égard du *Gymnosporangium tremelloides* n'est pas en rapport avec la forme des feuilles.

M. Sylvén[3] n'admet pas que le *Melampsora pinitorqua* persiste d'une année à l'autre sur le Pin, attendu que le *Cæoma* périt après avoir produit une plaie locale. Les cas chroniques ne peuvent être attribués qu'à un apport renouvelé de sporidies provenant des téleutospores formées sur le Tremble. On remarquera toutefois que les Trembles n'abondent pas toujours au voisinage des foyers de la maladie du Pin.

M. Mac Intosh[4], ayant observé en Ecosse sur le *Pinus silvestris* le *Cucurbitaria pithyophila*, pense que ce parasite a souvent été pris pour le *Peridermium Pini Corticola*.

On trouve aussi des formes spécialisées parmi les Urédinées autoxènes. Poursuivant les recherches inaugurées par M. Jacky sur le type du *Puccinia Hieracii*, M. A. Hasler[5] compare les dimensions de nombreuses téleutospores prises sur diverses espèces de *Crepis* et de *Centaurea*. D'après les courbes de fréquence obtenues par ce procédé biométrique, il distingue sur les *Crepis* cinq espèces de *Puccinia* et dans le seul *Puccinia Crepidis* cinq formes spécialisées; sur les Centaurées deux espèces et dans le *Puccinia Centaureæ* cinq races biologiques.

C. — Basidiomycètes

M. F. T. Brooks[6] confirme le rôle du *Stereum purpureum* dans la décoloration partielle du feuillage des Pruniers et de quelques autres arbres où la panachure accompagne sa présence. L'inoculation, soit des réceptacles du *Stereum*, soit de ses cultures pures, fournit de nombreux résultats positifs sur le Prunier de Victoria; l'effet est inconstant sur d'autres variétés et sur des représentants de genres différents, notamment les Pommiers. M. Gussow[7], au contraire, signalait la grande réceptivité des Pommiers au Canada. Il est probable qu'il ne s'adressait pas aux mêmes races que M. Brooks en Angleterre.

La panachure des feuilles n'est pas un effet constant du parasitisme du *Stereum purpureum*. M. Brooks enregistre des échecs, même avec les races les plus prédisposées. Inversement il constate des feuillages argentés dans des cas où le *Stereum* n'est pas en cause. Cette modification du coloris exprime une altération cellulaire dont les causes sont variées. Le parasitisme d'un Basidiomycète est l'une de ces causes. Mais d'une part certaines races, certains sujets des espèces les plus sensibles sont réfractaires; d'autre part le *Stereum purpureum* renferme des races inactives. Ce Basidiomycète nous offre un nouvel exemple de spécialisation du parasitisme, de même que les Rosacées et des arbres d'autres familles sont inégalement sensibles à ses attaques.

M. B. M. Duggar[1] s'occupe du *Rhizoctonia Solani* qui, d'après Pethybridge, est un Basidiomycète du genre *Hypochnus*. Ce parasite se rencontre en Amérique comme en France et en Allemagne. Il ne limite pas ses attaques à la Pomme de terre; c'est lui qui, sous le nom de Mopopilz, ravage à Java les pépinières de *Cinchona* et d'autres plantes.

De Candolle réunissait sous le nom de *Rhizoctonia* des Champignons qui forment sur les organes souterrains de petits tubercules ou sclérotes, mais qui n'ont pas nécessairement entre eux de liens généalogiques.

M. Eriksson[2] essaie sans preuves suffisantes de rattacher le Rhizoctone de la Carotte au genre *Hypochnus* sous le nom de *Hypochnus violaceus*, celui de la Luzerne à un Ascomycète, le *Leptosphæria circinans*. M. van der Lek[3] insiste sur les profondes différences qui séparent l'*Hypochnus Solani* du Rhizoctone de la Carotte. Les sclérotes sont glabres dans le premier, veloutés dans le second; le col qui entoure la base de la tige et des pétioles est une lame d'un blanc sale, à surface d'aspect farineux chez l'*Hypochnus*, il est d'un beau violet bordé de blanc chez le *Rhizoctonia violacea*; rien n'y indique une formation de basides; on y trouve tout au plus des renflements du mycélium qui ne se détachent même pas avec la régularité des conidies. Le col est semblable sur la Carotte et les plantes sauvages qui l'entourent; rien ne justifie l'opinion de M. Eriksson suivant laquelle le parasite de la Carotte serait une espèce hétéroxénique ne formant de basides que sur les mauvaises herbes.

Il est plus difficile d'affranchir du parasitisme

1. *Mycologisches Centralblatt*, t. III; 1913.
2. *Verh. schweiz. naturf. Ges.*, Aarau, 1917.
3. *Mitt. forstl. Versuchanst. Schwedens*, t. XIV; 1916-17.
4. *Internat. agr.-techn. Rundschau*, t. VI; 1915.
5. *Centralbl. Bakteriologie*, 2, t. XLVIII; 1918.
6. *Journ. Agric. Sc.*, t. V; 1913.
7. *Zeitschr. Pflanzenkr.*; 1912.

1. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, t. III; 1916.
2. *Revue gén. Botan.*, t. XXV; 1913. — *Arkiv for Botanik, Stockholm*, 1915.
3. *Mededeel. R. Hoogere Land Taln and Boschbouwschool*, Wageningen, t. XII; 1917.

le *Rhizoctonia violacea* que l'*Hypochnus Solani*, facile à multiplier dans les milieux artificiels. En prenant des précautions spéciales, M. van der Lek obtient des cultures pures du parasite de la Carotte et suit sous le microscope les filaments sortant de l'intérieur des nodosités sclérotiques et envahissant la gélose. Ces cultures renferment des filaments et de petits sclérotes, mais aucune fructification.

Si l'on excepte l'*Hypochnus Solani*, les affinités des Rhizoctones sont toujours incertaines. Plusieurs semblent être des Pyrénomycètes ; MM. Shaw et Ajrekar [1] rapportent le *Rhizoctonia Napi* West au genre *Botrytis*.

D. — Ascomycètes et Champignons incomplets

1. *Réceptivité de l'hôte. — Spécialisation du parasite.* — Un grand nombre d'Ascomycètes sont peu préjudiciables aux plantes accoutumées à leur présence. Ils se montrent plus redoutables quands ils s'attaquent à des hôtes insolites, soit qu'ils aient été introduits au milieu d'une flore étrangère, soit que de nouvelles plantes aient été importées dans leur propre circonscription, soit enfin que l'hôte et le parasite aient été simultanément dépaysés. La rouille de l'Asperge importée en Amérique réalise cette dernière éventualité.

L'*Endothia parasitica* est originaire de la Chine et du Japon. Selon MM. Shear, Neil E. Stevens et R. J. Tiller [2], il est peu sévère pour les espèces orientales de *Castanea*, aussi bien en Amérique que dans leur pays d'origine ; par contre, il cause des chancres redoutables aux Châtaigniers indigènes du Nouveau Continent. Ce parasite est d'autant plus à craindre que ses spores ont une remarquable longévité. MM. Heald et Studhalter [3] montrent que les périthèces desséchés reprennent la faculté d'expulser les spores dès qu'ils sont ramenés dans des conditions propices de température et d'humidité. Le pouvoir germinatif n'est pas diminué par une dessiccation de deux ou trois mois. Passé ce délai, il n'y a qu'un retard dans le début de l'expulsion des spores.

M. Shear [4] signale plusieurs maladies parasitaires qui n'ont pas la même gravité en Amérique et en Europe. Le black rot du Pommier, peu redouté en Europe, est très sérieux aux Etats-Unis ; il est pourtant causé par le même *Sphæropsis Malorum*, nommé d'abord *Diplodia Pseudodiplodia*. Il en est de même du *Glomerella cingulata*, dont le stade conidien est le *Glœosporium fructigenum ;* toutefois des doutes se sont élevés au sujet de l'identité des parasites des deux continents. Le chancre du Pommier est moins bénin en Amérique qu'en Europe ; mais en l'imputant au *Nectria ditissima*, on a confondu sous ce nom plusieurs espèces ; le chancre est dû au *Nectria coccinea* en Amérique, au *Nectria galligena* en Europe.

Le *Sclerotinia* qui cause la pourriture brune des fruits à noyaux est plus préjudiciable en Europe qu'en Amérique. Le black rot des grappes importé d'Amérique est bien plus nuisible aux vignes européennes qu'aux cépages américains.

D'après M. Chifflot [1], le Blé canadien de Manitoba, récemment introduit en Haute-Savoie, résiste bien au climat comme l'a montré M. Schribaux, mais il est sujet à l'ergot.

Le *Claviceps purpurea*, dont l'ergot est la forme durable, a bien des moyens d'arriver à proximité des Céréales, car il prospère sur une foule d'herbes sauvages. D'après les observations de M. A. Staeger [2], l'ergot est transporté, suivant sa provenance, par eau, par air ou par les animaux. S'il s'est développé dans les terrains arides, il reste fixé entre les balles des épis qui s'accrochent à la toison des bêtes ; les petits sclérotes des *Poa*, *Holcus*, *Dactylis*, sont assez légers pour être emportés par le vent. Les ergots des prairies marécageuses ont un poids spécifique diminué par l'abondance des graisses et des lacunes aérifères ; ils flottent à la surface de l'eau ; ceux des *Phragmites* et *Calamagrostis* utilisent aussi bien la voie aérienne que la voie aquatique. Ces adaptations nous acheminent vers la spécialisation des parasites.

M. Reed [3] fait de nombreux essais avec deux formes biologiques de l'*Erysiphe Graminis*, formes *Tritici* et *Avenae*. La première s'attaque à toutes les races cultivées du Froment, ainsi qu'au *Triticum dicoccoides* qui vit à l'état sauvage en Palestine. A l'exception de quelques espèces du genre *Ægilops*, les autres Graminées sont indemnes, notamment l'Avoine, le Seigle et l'Orge. Ce dernier est réfractaire comme le Blé à la forme *Avenæ* qui s'est montrée nuisible à 41 sortes appartenant à 17 espèces d'Avoine ; seuls l'*Avena bromoides* et l'*A. sempervirens* ont opposé une grande résistance ; l'*Arrhenaterum avenaceum* a fourni 14 % de résultats positifs.

2. *Espèces nuisibles.* — Le *Phytophthora infestans* est loin d'être le seul ennemi de la Pomme

1. *Mem. Dep. Agric. India*, t. VII ; 1915.
2. *U. S. Dep. of Agric., Bull.* n° 380 ; 1917.
3. *Mycologia*, t. VII ; 1915.
4. *Phytopathology*, vol. III, n° 2, 1913

1. *Bull. Soc. mycol.*, t. XXXIV ; 1918.
2. *Verh. Schweiz. Naturforsch. Ges.*, 99e année, Aarau, 1918.
3. *Internat. agr. techn. Rundschau*, t. VII ; 1916.

de terre. En Irlande, en Autriche, aux Etats-Unis, on se préoccupe de ses relations ou de son alternance avec d'autres Champignons parasites. En Irlande, M. Pethybridge[1] signale, outre le *Phytophthora*, et l'*Hypochnus Solani*, le *Sclerotinia Sclerotiorum*, le *Botrytis cinerea*, le *Verticillium albo-atrum*, qui est un *Acrostalagmus*. M. K. von Keissler[2] observe en Basse-Autriche une invasion de *Cercospora concons* devançant de quinze jours le *Phytophthora ;* il n'attaque que les Pommes de terre blanches, non les bleues; les *Cercospora solanicola* et *heterosperma* sont, à son avis, inoffensifs, tandis que le *C. concons* n'est pas moins redoutable que la Péronosporée. Le *Spongospora subterranea* présente en Amérique, suivant M. Melhus[3], la même répartition géographique que le *Phytophthora ;* ce Myxomycète produit des galles comparables à celles du *Plasmodiophora Brassicae*, souvent compliquées par l'invasion ultérieure du *Phoma tuberosa* n. sp.

Le *Spondylocladium atro-virens*, Dématiée signalée par Harz sur les Pommes de terre en Autriche, produit aussi en Irlande, d'après M. Schultz[4], des croûtes argentées sur les tubercules galeux, jeunes ou vieux.

M. Pratt[5] s'occupe du *Fusarium Radicicola* de la Pomme de terre. Selon M. L. A. Hawkins[6], cette espèce et les *Fusarium oxysporum* et *cœruleum* sécrètent de la sucrase, de la xylanase et une diastase sans action sur l'amidon non transformé en empois ; ces enzymes ne changent pas la teneur en amidon et en cellulose, mais en saccharose et en sucres réducteurs.

Congénère de la Pomme de terre, la Tomate n'échappe pas aux attaques des *Fusarium;* mais quelques sujets se montrent réfractaires, du moins dans le sol naturel où le parasite est plus ou moins entravé par d'autres Champignons et des Bactéries. M. Edgerton[7] ayant fait un semis dans une terre stérilisée, puis imprégnée d'une culture pure de *Fusarium*, vit toutes les Tomates attaquées; beaucoup périrent, celles qui se rétablirent sans grand dommage fournirent à la sélection une race très résistante.

D'après MM. Jones et Gilman[8], le *Fusarium conglutinans* cause la jaunisse des Choux dans l'Etat de Wisconsin. M. Gilman[1] a reconnu qu'il est inoffensif quand la température se maintient à 12-16° ; dans ces conditions, l'inoculation même est inefficace ; les choux ne jaunissent sous l'action du parasite que si le thermomètre atteint 17-22°.

La Tomate a d'autres ennemis que le *Fusarium* et le *Rhizopus*. M. Puttemans[2] dénonce l'*Alternaria Solani*, le *Colletotrichum Lycopersici*, ainsi que le *Bacillus Puttemansii*. M. Osborn[3] rapporte provisoirement à l'*Entorrhiza Solani*, qui paraît être une Ustilaginée, un Champignon qui attaque en Australie les Tomates à la racine.

Les Cucurbitacées ont des parasites communs avec les Solanées. Le *Verticillium albo-atrum* attaque le Concombre comme la Pomme de terre. M. Cromwell[4] avait nommé trachéomycose une maladie causée au *Soja hispida* dans la Caroline du Nord et au *Vigna sinensis* par le *Fusarium tracheiphilum* pénétrant par la racine. Les symptômes sont la chlorose accompagnée de chute des feuilles et des folioles. Le passage dans les trachées n'est qu'un incident. Le nom de trachéomycose est appliqué sans plus de raison à la verticilliose du Concombre, objet d'études approfondies de M. Lindfors[5] en Suède et de M. Van der Lek[6] en Hollande.

Suivant M. Lindfors, les vaisseaux du Concombre, surtout à la base de la tige, sont remplis de mycélium; on en isole le *Verticillium albo-atrum*, l'*Ascochyta Cucumis* et un *Fusarium* voisin du *F. niveum*. Les cultures de ce dernier, souillées de *Penicillium*, n'ont pu servir aux expériences ; d'autres espèces de *Fusarium* n'ont pas donné de résultat. L'*Ascochyta* n'a produit que des taches sur les feuilles. On n'a pas provoqué la maladie en pulvérisant des conidies de *Verticillium* même sur une surface blessée ; mais si l'on applique des fragments de mycélium sur la base de la tige, les feuilles ne tardent pas à se faner. Les dégâts causés par le *Verticillium albo-atrum* sont parfois si graves qu'il ne suffit plus de brûler les plantes malades. Pour purger le sol, il faudrait interrompre plusieurs années la culture des Concombres et des Pommes de terre dans les localités ravagées.

M. Van der Lek considère la prophylaxie comme aussi impuissante que la thérapeutique

1. *Journ. Dep. Agr. and Techn. Instr. for Ireland*, t. XVI ; 1916.
2. *Zeitschr. Pflanzenkr.*, t. XXVII ; 1917.
3. *Journ. Agr. Res.*, t. VII; 1916.
4. *Journ. Agr. Res.*, t. VI ; 1916.
5. *Journ. Agr. Res.*, t. VI; 1916.
6. *Journ. Agr. Res.*, t. VI ; 1916.
7. *Science*, t. XLII ; 1915.
8. *Internat. agr. techn. Rundschau*, t. VII ; 1916.

1. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, t. III ; 1916.
2. Notes phytopath. et mycol., Bruxelles, 1910.
3. *Trans. R. Soc. S. Australia*, t. XXXIX ; 1915.
4. *Journ. Agr. Res.*, t. VIII ; 1917.
5. *Medd. Centralanst. försöksv. jordbruksomr. Bot.*, n. 159; Stockholm, 1917.
6. *Meded. van de Landbouwhoogeschool*, t. XV ; Wageningen, 1918.

et l'emploi des parasiticides. Il préfère la recherche des races résistantes. Il donne la maladie aux Concombres et aux Pommes de terre, soit en inoculant le *Verticillium* dans la tige, soit en répandant des cultures pures dans le sol. L'obstruction des trachées n'est jamais complète ; la feuille est encore turgescente quand la tige et les pétioles sont envahis. La flétrissure se manifeste après que les parois des vaisseaux ont bruni et que les filaments, envahissant le parenchyme, exercent une action toxique plus grave que l'action mécanique.

M. Osner[1] impute au *Stemphylium Cucurbitacearum* une maladie des feuilles de Concombre. M. Puttemans[2] assimile au *Cladosporium cucumerinum* Ell. et Bull. le *Scolecotrichum* signalé par Prillieux et Delacroix sur le Concombre et le nomme *Sc. cucumerinum*.

Le *Septoria cucurbitacearum*, signalé d'abord en France par Delacroix, puis en Russie par M. Potebnia sous le nom de *Septoria citrullicola*, cause de sérieux dommages aux Melons et autres Cucurbitacées en Hongrie, d'après M. Moesz[3]. M. Arnaud[4] décrit l'*Acrostalagmus Vilmorinii* du Melon.

Les Américains s'intéressent à la conservation des baies de Canneberge (*Oxycoccus macrocarpus*). M. Shear, qui a présenté à la Société des tourbières américaines un plan d'aménagement des tourbières en vue de la propagation de cette Vacciniée, distingue[5] six sortes de pourriture du fruit ; chacune des cinq premières a pour agent une espèce nouvelle : *Guignardia Vaccinii*, *Fusicoccum putrefaciens*, *Glomerella cingulata*, *Sporonema Oxycocci*, *Acanthorhynchus Vaccinii*. La sixième ou pourriture molle est de moindre importance ; on y trouve un *Penicillium* généralement associé aux précédents.

Le *Phoma endogena* Sacc., qui altère les Châtaignes en Vénétie et dans le Lyonnais, est trouvé à Turin par MM. Voglino et Bongini[6]. Dans les Apennins, on a la mauvaise habitude d'abattre les châtaigniers en juillet ; les pousses partant de la souche sont une proie offerte aux parasites. M. A. Trotter[1] attribue à cette coutume l'extension de l'*Oïdium* du Chêne au Châtaignier et à d'autres essences, telles que le Hêtre.

M. Weir[2] signale l'*Hypoderma deformans* n. sp. sur les aiguilles de *Pinus ponderosa*. D'après M. Kock[3], le *Cucurbitaria piceæ*, décrit en Ecosse par Borthwick, cause depuis huit ans de graves dommages au *Picea pungens* et au *Pinus picea* en Autriche.

MM. Harter, Weimer et Adams[4] décrivent divers champignons ravageant aux Etats-Unis les cultures de Patate, *Ipomœa Batatas*. M. L. B. Harter[5] étudie les parasites des Aroïdées comestibles.

L'*Ozonium omnivorum* (c'est le nom que M. Shear assignait à l'agent de la pourriture des racines de Cotonnier) est ramené au genre *Phymatotrichum* par M. Duggar[6], qui découvre ses conidies. Un *Colletotrichum* découvert par M. Schœvers[7] amène la pourriture du lin en attaquant la plante au collet. Le piétin du Blé est observé dans l'Illinois par M. F. L. Stevens[8] qui n'y trouve, ni l'*Ophiobolus*, ni les autres parasites incriminés.

M. Schellenberg[9] démontre expérimentalement que le *Mycosphærella Fragariæ* des feuilles de Fraisier a pour forme conidienne le *Ramularia Tulasnei* et pour pycnides l'*Ascochyta Fragariæ* rentrant dans le genre *Septoria*.

Glanons encore le *Sclerotinia matthiolæ* Lendner[10], le *Verticillium Dahliæ* Klebahn[11] décrit en même temps que des parasites du *Darlingtonia californica*.

Paul Vuillemin,
Correspondant de l'Institut,
Professeur à la Faculté de Médecine
de l'Université de Nancy.

1. *Journ. Agr. Res.*, t. XIII ; 1918.
2. *Loc. cit.*
3. Botanik Kozlemények, Budapest, 1916.
4. *Ann. du Service des Epiphyties*, t. II ; 1915.
5. *U. S. Dep. Agr., Bull.* n° 110, 1907. — *Journ. Agr. Res.*, t. XI ; 1917.
6. *Internat. agr. techn. Rundschau*, t. VIII ; 1917.

1. *Internat. agr. techn. Rundschau*, t. VII ; 1916.
2. *Journ. Agr. Res.*, t. VI ; 1916.
3. *Œsterr. Gartenzeit*, t. XIII ; 1918.
4. *Journ. Agr. Res.*, t. XI ; 1918.
5. *Journ. Agr. Res.*, t. VI ; 1916.
6. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, t. III ; 1916.
7. *Tidschr. over Plantenziekten*, t. XXI ; 1915.
8. *State of Illinois. Dep. of Registration and Education, Nat. Hist. Survey*, t. XIII ; 1919.
9. *Vierteljahrsschr. naturf. Ges. Zürich*, t. LXII ; 1917.
10. *Verh. Schweiz. Naturf. Ges.*, 99e année ; Aarau, 1918.
11. *Mycol. Centralbl.*, t. III ; 1913-1914.

BIBLIOGRAPHIE
ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Saconney (J. Th.). — **Métrophotographie.** — 1 *vol. in-18 jésus de 287 pages avec 130 fig.*; 1913.

Clerc (L. P.), *Ingénieur, ancien Commandant d'une section de photographie aérienne aux armées, ancien Instructeur au Centre d'instruction de la Photographie aérienne.* — **Applications de la Photographie aérienne.** — 1 *vol. in-18 jésus de 350 pages avec 136 figures et 10 planches hors texte;* 1920.

(*Volumes faisant partie de l'*Encyclopédie Scientifique publiée sous la direction du Dr Toulouse; *prix cart.* : 7 fr. 50, *Octave Doin et Fils, éditeurs, Paris.*)

Il paraîtrait singulier de rendre compte en même temps de deux ouvrages parus à plus de six ans d'intervalle s'ils ne traitaient de sujets analogues et si l'interruption apportée par la guerre dans la vie scientifique normale du pays n'était une excuse de quelque valeur.

Le premier de ces volumes allait être analysé dans la *Revue* quand les hostilités ont éclaté. Le Capitaine, aujourd'hui Lieutenant-Colonel, du génie Saconney était déjà connu pour avoir rendu à la cause de la photographie terrestre ou aérienne des services auxquels toute justice était loin d'être alors rendue, mais dont l'expérience de la guerre a mis en lumière toute la valeur. Il se trouvait donc tout qualifié pour écrire un résumé de métrophotographie qui condense sous une forme claire et précise les recherches antérieures et celles propres de l'auteur.

La métrophotographie se propose, « étant donné une ou plusieurs images photographiques d'un objet, de restituer les dimensions réelles de cet objet en utilisant uniquement les propriétés projectives des figures », tandis que la phototopographie ou photogrammétrie est l'application de cette métrophotographie au levé des cartes et plans, de toutes ses applications la plus connue et la plus importante.

Aussi l'auteur, après un rapide résumé des principes de la métrophotographie pure, aborde-t-il immédiatement les applications topographiques. Il expose successivement en quatre chapitres : 1° la phototopographie terrestre de précision, — 2° la phototopographie aérienne (de précision et de reconnaissance), — 3° les reconnaissances terrestres, — 4° les reconnaissances côtières (en entendant par reconnaissances les levés photographiques de régions inaccessibles). Enfin, laissant la phototopographie pour des applications moins courantes, dans un dernier chapitre qu'apprécieront les géomètres, il nous apprend à reconstituer les dimensions d'un objet photographié, au moyen de documents photographiques quelconques, distinguant deux cas : photographies entières se présentant dans leur format réel (dont par suite le centre est connu) et photographies découpées n'utilisant qu'une partie du cliché initial.

Délibérément, le lieutenant-colonel Saconney ne nous dit rien de la stéréophotogrammétrie. La photographie aérienne est surtout envisagée par lui comme exécutée au moyen de ballonnets (du type Drachen) et de cerfs-volants; quelques brèves indications seulement sont données sur la photographie en avion, dont il n'avait été pratiqué, à l'époque où l'auteur a écrit, que de rares essais.

Il est probable que si ce dernier refondait aujourd'hui son œuvre, il l'enrichirait de quelques chapitres supplémentaires, la stéréophotogrammétrie ne pouvant être ignorée aujourd'hui du phototopographe, et la métrophotographie aérienne ayant pris, du fait de la guerre, une extension que les esprits les plus avisés auraient difficilement prévue il y a quelques années. L'intérêt de l'ouvrage, tel qu'il est, n'en est nullement diminué; on a en effet la certitude, qui n'est point si fréquente, d'y rencontrer souvent la trace des travaux personnels de l'auteur.

Les applications de la photographie aérienne, par M. Clerc, appartiennent à la catégorie, appelée à devenir de plus en plus nombreuse, des ouvrages résumant sous une forme synthétique, pour le public scientifique ou même le grand public, un ensemble de recherches provoquées par la guerre ou dont celle-ci a démontré l'intérêt. Les fonctions remplies par l'auteur pendant les hostilités nous garantissent que son livre est un livre vécu. M. Clerc est averti : il sait que cette question de la photographie aérienne n'a pas été sans causer aux armées des « conflits d'attribution » (p. 4), des erreurs regrettables (p. 11, p. 162). Nous devinons qu'il en sait là-dessus beaucoup plus qu'il ne veut en dire. Les nombreuses indications bibliographiques répandues dans le texte et à la fin de l'ouvrage donnent toute facilité au lecteur désireux d'approfondir davantage les sujets traités; c'est donc avec confiance qu'il suit l'auteur dans ses développements.

Celui-ci nous promet, dans la même collection, un autre volume sur *la Technique de la photographie aérienne*, qui, dans l'ordre logique, devra précéder celui dont il est ici question. C'est dire que ce dernier, comme son titre l'indique, se borne strictement à envisager les applications.

Dans l'introduction, quelques pages résument, trop brièvement à notre gré et au point de vue à peu près uniquement français [1], l'histoire si intéressante de la phototopographie et plus particulièrement de la phototopographie aérienne.

On sait que l'emploi de la photographie n'a pas été sans rencontrer de vives résistances de la part des topographes officiels de l'ancienne école; les controverses passionnées entre Laussedat d'une part, Goulier et ses disciples de l'autre, sont encore présentes à l'esprit de leurs successeurs. Aujourd'hui la phototopographie a pris la place qui lui revient, mais à côté des autres procédés classiques, sans les exclure. Ce n'était pas, croyons-nous, par ignorance, que ses adversaires s'obstinaient à la repousser, mais par une timidité exagérée et la crainte du bouleversement, supposé dangereux, que pouvait apporter dans des services officiels la substitution de méthodes nouvelles, encore peu appliquées en grand, à de vieilles méthodes sûres et éprouvées.

Nous sommes bien forcés de convenir que la France a été largement distancée dans cette voie par l'Allemagne, l'Autriche, l'Italie et les Etats-Unis, mais il est exagéré d'affirmer, comme M. Clerc (p. 3), que le Service Géographique de l'Armée ignorait jusqu'à la guerre les questions de métrophotographie; le n° 3 des cahiers du Service (1896), le volume de ses Conférences (1912), en sont une preuve. En 1910, une mission de trois officiers a été envoyée en Allemagne, à la *Landesaufnahme* de Berlin et chez Zeiss à Iéna, pour étudier les nouveaux procédés stéréophotogrammétriques; les incidents d'Agadir en 1911 ont seuls empêché brusquement le départ de la même mission pour Vienne. Enfin, dès 1911, les travaux stéréophotogrammétriques étaient organisés (levés de l'Oisans, voir Rapport sur les travaux, années 1912 et 1913).

La première partie de l'ouvrage de M. Clerc, consacrée à la lecture et à l'interprétation des photographies

1. On pourra comparer avec les introductions analogues d'ouvrages étrangers, par exemple des *Grundlagen der Photogrammetrie aus Luftfahrzeugen* par Hugershoff et Cranz, Stuttgart, Konrad Wittwer, 1919.

aériennes, au point de vue plus spécialement militaire, résume, pour ceux qui n'ont pu les consulter, les très nombreuses instructions et études confidentielles sur le même sujet publiées aux Armées, quelques-unes accompagnées de fort belles épreuves. L'examen raisonné des photographies a donné des résultats du plus haut intérêt pour la connaissance de l'ensemble et des détails des organisations ennemies. Mais, si la voie était féconde, elle était dangereuse. Rien n'est plus absorbant, plus fatigant, rien n'exige plus de tension d'esprit, que l'examen minutieux et prolongé de photographies aériennes, la loupe à la main. Le péril de l'auto-suggestion n'a pas toujours été évité par des interprétateurs désireux de tirer de leurs épreuves tous les renseignements possibles et même quelques autres.

Dans une seconde partie consacrée à la stéréoscopie, nous trouvons l'étude géométrique de la stéréoscopie, la description des divers types de stéréoscopes, les procédés à suivre pour la prise des clichés et le montage des stéréogrammes.

La troisième et dernière partie (métrophotographie aérienne), après des généralités consacrées aux propriétés métriques des photographies aériennes et au matériel employé (avec un chapitre spécial pour les indicateurs de pente), passe aux applications : redressement photographique des clichés obliques, restitution, cartes photographiques par assemblages, levés en régions inaccessibles.

Remarquons que M. Clerc ne donne aucune indication, même sommaire, sur la stéréophotogrammétrie aérienne. Il est vrai que cette méthode s'est jusqu'ici heurtée à des difficultés que ne rencontre pas la stéréophotogrammétrie terrestre. Mais des essais intéressants ont cependant été tentés et cette voie ne doit nullement être abandonnée.

Cette petite lacune n'est pas grave pour un ouvrage où il fallait condenser sous un faible volume un sujet fort étendu, étayé sur l'abondante documentation de l'auteur. Nous regrettons davantage quelques obscurités ou incorrections qui affectent la rédaction et auraient pu disparaître à la correction des épreuves.

En résumé, les volumes du Lieutenant-Colonel Saconney et de M. Clerc seront bien accueillis de tous ceux qui s'intéressent à la métrophotographie, particulièrement à la phototopographie aérienne, et leur voient un bel avenir. A peine pratiquée il y a six ans, devant aux nécessités de la guerre son actuel développement, cette dernière science présente, sur tant d'autres branches des Sciences appliquées que le conflit mondial a fait naître ou a considérablement favorisées, l'avantage de ne rien perdre, à la paix, de son intérêt.

D'ici peu, si nous en jugeons par les premiers essais effectués au Maroc et par les travaux du Comité phototopographique, la question des levés par photographies d'avions, aux échelles égales ou inférieures au 10.000e, plus particulièrement dans les régions inaccessibles, question déjà effleurée dans les ouvrages dont nous venons de rendre compte, méritera de très amples développements.

Lieutenant-Colonel G. Perrier,
Chef de la Section de Géodésie
au Service Géographique de l'Armée.

2° Sciences physiques

Nègre (F.) et **Beauvais** (P.), *Chargés de conférences à l'Institut Electrotechnique de Lille.* — **Calcul, construction et essais d'une dynamo à courant continu.** (*Tome* IV *du cours d'Electrotechnique générale et appliquée professé à l'Institut Electrotechnique de Lille.*) — 1 *vol. in*-8° *de* VIII-386 *pages avec* 302 *figures* (*Prix* : 22. *fr* 50). *Ch. Béranger, éditeur, Paris et Liége,* 1914 (*paru en* 1919).

A côté des nombreux ouvrages techniques spécialement destinés aux constructeurs de machines électriques, il y avait place pour un exposé succinct dégageant les procédés généraux de construction et indiquant une méthode claire de calculs. C'est une tâche délicate, car il n'est pas de règles immuables dans cette branche de la technologie, en raison même de la variété des applications et de la complexité des conditions à satisfaire.

La théorie de la machine à courant continu (exposée dans le tome Ier de ce cours) est supposée connue du lecteur ; toutefois en appendice sont rappelés les résultats de la théorie des enroulements : expression du pas résultant, établissement d'un tableau d'enroulement.

Les matériaux employés en électrotechnique sont étudiés sommairement au point de vue de leurs propriétés électriques et mécaniques aussi bien que de leurs méthodes d'essais ; les règles de construction des éléments de dynamo sont déduites des efforts dont ils sont le siège. Dans cette partie technologique, les auteurs se sont bornés à la description de dispositifs classiques et à des calculs simples de résistance des matériaux, renonçant à tout développement superflu pour un élève ingénieur (témoin la détermination des efforts dynamiques et des vitesses critiques dans l'arbre d'une turbo-dynamo).

La méthode de calcul, fortement inspirée des travaux d'Arnold, est basée sur la considération de la réaction linéique (ampères-conducteurs par centimètre de développement d'armature), l'empirisme des formules étant réduit au strict minimum. La détermination des pertes et du rendement, le calcul des rhéostats de démarrage et d'excitation sont particulièrement détaillés. Des projets se rapportant à des types très différents de machines facilitent la compréhension de cette partie technique et constituent un guide précieux pour le lecteur.

A défaut d'indications relevées sur une machine de même type, on pourra calculer les fuites magnétiques d'une façon approximative : la méthode proposée, reposant sur des hypothèses plausibles, a surtout le mérite de n'exiger que des calculs simples.

Les auteurs indiquent le principe des essais à effectuer, soit lors de la réception d'une machine, soit en vue de l'étude d'un type nouveau ; ils se sont peu étendus sur la mise en œuvre des méthodes et sur la discussion de leurs résultats, parce qu'ils estiment sans doute que les élèves ingénieurs doivent acquérir sur une plateforme la pratique des essais.

Ce volume répond au programme que ses auteurs s'étaient proposé : c'est un ouvrage d'enseignement qui se recommande par sa documentation choisie et son exposition claire ; il sera consulté avec profit par les élèves des Instituts Electrotechniques et par les ingénieurs non spécialisés dans la construction des machines à courant continu.

A. Lange.

Denigès (Georges), *Professeur de Chimie à l'Université de Bordeaux.* — **Leçons d'Analyse qualitative sur les éléments métalloïdes et leurs principaux dérivés.** — 1 *vol. in*-16 *de* 302 *pages, avec fig.* (*Prix* : 7 *fr.* 50). *A. Maloine et fils, Paris,* 1920.

Il est rare qu'on lise avec plaisir d'un bout à l'autre un nouvel ouvrage d'analyse chimique, parce que la plupart du temps on n'y trouve que quelques nouvelles réactions avec les classifications ordinaires des groupes et des méthodes. Le nouvel ouvrage de M. Denigès fait exception à la règle : on le lit du commencement jusqu'à la fin avec la satisfaction qu'on éprouve en face d'une œuvre bien composée, logiquement ordonnée et véritablement vécue. M. Denigès a développé avec une rare ampleur l'analyse des métalloïdes, qu'on néglige trop souvent au détriment de l'analyse des métaux. Les métalloïdes sont groupés par famille, et dans chaque famille, les membres sont remarquablement identifiés, d'abord quant à leur lien de parenté avec leurs congénères, puis quant à leurs réactions individuelles ; et, parmi celles-ci, on en trouvera beaucoup de peu connues et d'une étonnante sensibilité, surtout parmi celles qui sont d'ordre organique. Le microscope joue un rôle

important et de nombreuses figures micrographiques illustrent les leçons du professeur. Un paragraphe spécialement amusant est celui des sensibilités organoleptiques, qui dépassent parfois la sensibilité du spectroscope !

On sera peut-être un peu surpris de rencontrer des termes peu usuels : comme l'analyse *blocale*, les *chloroïdes*, les *sulfuroïdes*, les *oxoïdes*; mais ces expressions sont impeccables au point de vue étymologique.

Les principes de l'analyse sont étudiés à la lumière de la théorie des ions; on pourra peut-être regretter de n'y point trouver la mention des « produits de solubilité », qui constituent pourtant une fructueuse interprétation.

Cet ouvrage, de même que le précédent *Précis de Chimie analytique* du même auteur, fait le plus grand honneur à la *Science* française de l'Analyse chimique, qu'on a trop souvent envisagée comme un ensemble de recettes et, partant, comme « l'humble servante » des sciences physiques.

Auguste HOLLARD,
Docteur ès sciences.

3° Sciences naturelles

Boule (Marcellin), *Professeur au Muséum d'Histoire Naturelle.* — **Les grottes de Grimaldi (Baoussé-Roussé).** *Tome I. Fascicule IV* : **Géologie et Paléontologie** (*fin*). — *1 vol. in-4° de 126 p. avec 15 fig. dans le texte et 12 pl. en héliogravure. Imprimerie de Monaco*, 1919.

M. Marcellin Boule vient de terminer la publication de sa magistrale description géologique et paléontologique des grottes de Grimaldi. Les premier et deuxième fascicules de cet important mémoire ont été analysés dans cette *Revue* par le regretté Deniker dans les numéros du 30 octobre 1908 (p. 836) et du 30 octobre 1911 (p. 816) : l'un était consacré à la stratigraphie de ce riche gisement de fossiles quaternaires, l'autre aux Ongulés recueillis au cours des fouilles qui y furent exécutées sous les auspices du Prince de Monaco. Dans le troisième fascicule qui paraît aujourd'hui, l'éminent professeur de Paléontologie du Muséum nous fait connaître les autres Mammifères, les Oiseaux, les Reptiles, les Amphibiens, les Poissons et les Invertébrés trouvés dans les grottes des Baoussé-Roussé.

Plus peut-être encore que dans le précédent fascicule, M. Boule a tenu à donner un grand développement aux considérations générales sur l'histoire paléontologique des différents groupes d'animaux. Dans plusieurs chapitres remplis de vues originales, nous voyons, retracée à grands traits, l'évolution des Canidés, des Ursidés, des Hyénidés, etc. : des tableaux généalogiques y synthétisent fort heureusement les résultats acquis sur la phylogénie des principaux types de ces diverses familles, tandis qu'une série de cartes très claires nous font voir l'aire de répartition en Europe de l'Ours des cavernes, de l'Hyène, du Glouton, du Lion et des Marmottes. Les matériaux mis en œuvre par l'auteur pour dresser ces esquisses géographiques représentent un travail considérable, dont le lecteur peut à peine se rendre compte.

Tableaux et cartes illustrent, ainsi que de nombreuses similigravures, un texte aussi précis que concis, facile à lire, même pour des personnes peu familiarisées avec la terminologie si complexe des sciences géologiques.

Le livre de M. Boule, qui est une véritable synthèse des connaissances acquises sur le Quaternaire européen, est en même temps une remarquable mise au point des idées directrices que devront suivre désormais ceux qui se consacreront à l'étude de la dernière phase de l'histoire de la Terre.

Des conclusions du plus haut intérêt pour le biologiste, comme pour le philosophe, terminent ce mémoire qu'illustre une iconographie de tout premier ordre. Malgré les difficultés presque insurmontables qu'oppose la période d'après guerre à la publication de belles planches, le savant professeur est arrivé à faire sortir des presses des maisons Schlumberger et Massard de magnifiques héliogravures représentant les divers fossiles qu'il décrit. Je signalerai tout particulièrement la série des vues stéréoscopiques des dentitions du Lapin, des Campagnols et du Mulot, véritable chef-d'œuvre artistique, où une idée pleine d'originalité met fort heureusement en relief les caractères si particuliers des molaires de chacun de ces types de Rongeurs.

Avant d'exposer avec quelques détails les idées générales développées dans les dernières pages de cette importante monographie, il me paraît nécessaire de résumer aussi brièvement que possible les observations particulières à chacune des principales espèces trouvées à Grimaldi.

Les Canidés y sont au nombre de quatre : le Loup, un Chien d'espèce indéterminée, le Cuon d'Europe et le Renard commun. Le Loup, que l'on connaît déjà du Forest bed anglais, est représenté par des formes très voisines de *Canis lupus* dans le Pliocène européen et asiatique : ses ancêtres doivent être recherchés dans une série de genres du Miocène et de l'Oligocène américain. Le genre Cuon, aujourd'hui localisé en Asie, était répandu, au Quaternaire, dans toute l'Europe centrale : la carte de ses gisements, telle que l'a dressée l'auteur, nous le montre s'avançant jusqu'aux Pyrénées (Malarnaud), en Sardaigne (Cagliari) et en Italie (Finalese); ce curieux genre de Carnivore nous serait venu d'Amérique par l'Asie vers la fin des temps tertiaires.

L'Ours brun et l'Ours des cavernes ont vécu un certain temps côte à côte dans les grottes des Baoussé-Roussé; au début du Pléistocène, une forme ancestrale de l'*Ursus arctos* actuel s'observe seule dans les dépôts de remplissage de ces anfractuosités, tandis qu'à la fin, l'*Ursus spelæus*, qui a chassé son congénère de la contrée, règne en maître sur la zone des Alpes Maritimes.

Dans la race archaïque de l'*U. arctos*, on observe des individus rappelant, par les caractères primitifs de leur dentition, l'*U. etruscus* du Pliocène italien, tandis que d'autres ressemblent tout à fait, par leurs tuberculeuses, à l'Ours brun typique : tous les passages existent entre ces deux formes extrêmes.

L'*U. spelæus* est dérivé, vers la fin du Pliocène, de certaines variétés du type *arctos* remarquables par le développement de leurs bosses frontales et de leurs arrière-molaires, comme par exemple le petit Ours de Santenay aux tuberculeuses intermédiaires entre celles de l'Ours des cavernes et celles de l'Ours brun. L'aire de dispersion de l'*U. spelæus* s'est étendue du Sud de l'Angleterre et du Hartz à Alger et à Bari.

M. Boule trace une brève, mais fort instructive histoire paléontologique des Ours. Il montre que le type *Ursus* dérive de la lignée oligo-miocène *Cynodon-Cephalogale-Hemicyon-Ursavus*. Au Pliocène, 3 phylums se différencient, dont deux conduisent aux Ours hindous : *Melursus labiatus* et *Ursus malayanus*. Le troisième donne, au Pléistocène, cinq rameaux différents.

Ainsi donc le groupe des Ursidés était plus polymorphe autrefois qu'aujourd'hui. « Quelques rameaux seulement sont arrivés jusqu'à nos jours... Et comme toujours, le représentant le plus puissant de ce groupe de Carnassiers, le plus spécialisé des Ours, le plus Ours des Ours est précisément la forme la plus rapidement disparue. »

L'aire de dispersion de la Hyène des cavernes, telle que l'a reconstituée M. Boule, s'étendait en Europe plus largement que celle de l'Ours à front bombé.

L'auteur fait voir dans un tableau généalogique comment le type *Hyæna* s'est différencié vers le milieu des temps miocènes en même temps que le type *Ursus*. Dès le début du Pliocène, les trois rameaux actuels de *H. striata*, *H. brunea* et *H. crocuta* sont séparés; de remarquables séries de formes permettent d'en suivre l'évolution pendant tout le Pliocène.

Diverses particularités de *Felis pardus fossilis* établissent une certaine transition entre les Panthères actuelles et le *Felis pardinensis* de Perrier (Allier). « Il y a là un fait des plus intéressants au point de vue de l'évolution; il nous donne une idée du temps nécessaire à des modifications légères dans la morphologie d'un même type passant d'un étage géologique à l'étage suivant. Il semble aussi que les Panthères pléistocènes représentent une forme plus généralisée et que la différenciation des races actuelles ne soit que la conséquence de localisation géographique plus étroite. »

Le Lynx de Grimaldi était fort embarrassant à déterminer spécifiquement : il présente, en effet, un mélange de caractères ostéologiques propres, les uns au Lynx du Nord, les autres au Lynx d'Espagne. On a ainsi une série de formes parfaitement continue dans l'ordre suivant : Lynx boréal, Lynx fossile, Lynx d'Espagne. L'observation de ces faits conduit l'auteur à des réflexions critiques pleines d'une sage prudence, malheureusement assez rare chez les paléontologistes. « La conception linnéenne des espèces larges avait du bon. Mais avec les précisions que comportent les recherches modernes d'ostéologie et de systématique, les difficultés d'ordre taxonomique augmentent. Le plus simple évidemment, dans tous les cas, est d'imposer un nom nouveau au fossile qui ne se laisse pas facilement incorporer dans les formes spécifiques voisines. Mais cette manière, généralement adoptée par les esprits paresseux, est plus commode que scientifique. Elle a, entre autres inconvénients, celui de dissimuler les rapports, de voiler les relations généalogiques. »

Indépendamment du Lion, de la Panthère et du Lynx, la famille des Félidés compte à Grimaldi un quatrième représentant, le Chat sauvage d'Afrique, déjà signalé dans de nombreuses localités du Quaternaire et même du Pliocène européen. Encore aujourd'hui *Felis ocreata* se rencontre en Sardaigne (*F. sarda*), en Crète (*F. agrius*) et jusque dans les marennes de Toscane (*F. mediterranea*). « Il y a là toute une série de formes étroitement apparentées, dont l'aire d'habitat est aujourd'hui essentiellement méditerranéenne, et qui, aux temps pléistocènes, se serait avancée vers le nord pour occuper toute l'Europe occidentale centrale. »

L'étude des petits Rongeurs pléistocènes a été généralement fort délaissée : cependant, comme le rappelle l'auteur, leur extrême sensibilité aux variations climatériques en fait, pour les temps quaternaires comme pour l'époque actuelle, de précieux témoins des modifications du milieu. C'est ainsi que la présence du Campagnol des neiges sur les bords de la Méditerranée semble indiquer qu'à l'époque du remplissage des grottes de Grimaldi, le climat de la zone littorale des Alpes maritimes était plus rude qu'aujourd'hui. De même le grand Campagnol des Baoussé-Roussé n'est pas la forme méridionale de l'*Arvicola amphibius*, ni l'une des formes italiennes de l'*A. terrestris*, mais bien l'*A. scherman* très répandu aujourd'hui dans l'Europe centrale et occidentale et non encore signalé dans la nature actuelle à une latitude aussi méridionale.

L'*Arctomys marmotta*, aujourd'hui localisée dans les Alpes et les Carpathes vers la limite des neiges perpétuelles, occupait au Moustérien toute la France, les pays Rhénans, l'Italie septentrionale, la Sardaigne, la Yougoslavie. « Ce Rongeur a continué à vivre dans nos pays jusqu'à la fin de l'époque du Renne et ce n'est que peu à peu, en suivant le recul progressif des glaciers, qu'il est arrivé à ses cantonnements actuels. » L'*A. bobac*, qui vit dans les steppes de l'Europe orientale, s'est avancé vers l'Ouest, pendant les temps quaternaires, jusqu'au Rhin. Dès le Pléistocène ancien, les deux espèces européennes actuelles de Marmottes étaient distinctes et leurs aires de répartition étaient différentes. Ces aires sont arrivées à se toucher dans la vallée du Rhin, sans jamais beaucoup empiéter l'une sur l'autre. Quelques faits permettent de supposer que l'extension de la Marmotte des Alpes, forme glaciaire, a précédé l'extension de la Marmotte bobac, forme des steppes.

Rompant avec la tradition, M. Boule n'a pas hésité à consacrer 32 pages de son mémoire aux Oiseaux trouvés à Grimaldi. Aucune étude de cette importance n'avait eu, à ma connaissance, depuis longtemps pour objet cette classe de Vertébrés. Afin de la mener à bien, l'auteur dut réunir une importante collection d'ossements actuels isolés, sans laquelle toute recherche paléontologique de ce genre demeurerait impossible.

L'*Emys orbicularis*, qui descend probablement d'une forme du Pliocène tout à fait supérieur d'Italie, habite depuis les temps pléistocènes l'Europe méridionale et centrale jusqu'à Berlin et aux monts Oural.

« A une certaine époque des temps quaternaires marquée par une faune chaude, il y avait dans le Midi de la France, en Espagne et en Italie, une Tortue terrestre voisine de la Tortue grecque, plus voisine encore de la Tortue ibérique dont elle peut être considérée comme l'ancêtre. La Paléontologie nous explique ici une fois de plus la distribution géographique très étendue, mais actuellement discontinue, d'une forme zoologique. De nos jours en effet, la Tortue ibérique vit en Roumanie, en Crimée, au Caucase, dans le S.-O. de l'Asie, dans le N.-O. de l'Afrique et en Andalousie. La continuité a dû exister autrefois par les ponts terrestres reliant la Sicile et l'Europe... Il est possible qu'à cette époque reculée la distinction morphologique des *T. græca* et *T. iberica*, qui sont très voisines, fut encore moins marquée qu'aujourd'hui... Les ancêtres des formes pléistocènes du groupe de la Tortue grecque sont fort anciens. On les observe dès le Miocène. »

Les considérations générales qui terminent l'ouvrage de M. Boule doivent retenir tout particulièrement l'attention du lecteur.

La succession des faunes quaternaires se présente ainsi en France : « 1° Dans le Pléistocène inférieur, une faune chaude, composée principalement d'éléments asiatiques et africains et succédant par transitions insensibles à la faune du Pliocène supérieur; 2° une faune froide, venant du Nord, apparaissant peu à peu, se maintenant longtemps dans nos pays et disparaissant graduellement ou remontant vers le Nord; 3° la faune actuelle qui est principalement une faune résiduelle. »

Ce ne sont guère que les faunes pliocènes et quaternaires aux restes abondants et bien conservés qui peuvent nous permettre la reconstitution de séries phylogéniques spécifiques assez sûres.

Parmi les espèces éteintes du Quaternaire, il en est un certain nombre qui ne semblent pas s'être transformées en types nouveaux; elles représentent, en général, les différenciations les plus avancées de leur groupe. Tels sont l'Eléphant antique, le Mammouth, le Rhinocéros de Merck, le Rhinocéros à narines cloisonnées, le Daim de la Somme, l'Ours des cavernes et le Cuon d'Europe. D'autres ont donné des formes encore vivantes, comme l'*Equus* cf. *Stenonis* qui est l'ancêtre du Cheval actuel, l'*Ursus prearctos* d'où dérive l'*Ursus arctos*. Enfin certaines espèces qui ont persisté jusqu'à maintenant montrent déjà les caractères des variétés géographiques actuelles, comme les Chevaux et les Cochons.

« D'autres Mammifères des grottes de Grimaldi, tout en appartenant aux espèces actuelles, présentent des combinaisons de caractères dispersés aujourd'hui dans les divers représentants du genre ou dans les principales sous-espèces ou races géographiques de ces espèces. Ce sont les plus intéressantes au point de vue philosophique. »

« La théorie des variations brusques ou discontinues, par saltation (mutations de Vries), qui s'appuie principalement sur des observations botaniques, renferme probablement une part de vérité. Il sera toujours difficile de le prouver directement par les moyens dont dispose la Paléontologie. Celle-ci vient plutôt à l'appui de la théorie des variations lentes et continues, car elle nous met en présence de processus infiniment nuancés; elle nous montre les espèces passant des unes aux autres par des gradations insensibles, sous l'influence de causes diverses, plus ou moins profondes et plus ou moins

mystérieuses. Parmi ces causes, les influences purement physiques, dues aux migrations et aux changements de milieux, sont celles qui nous apparaissent le plus clairement; les recherches du genre de celles auxquelles je viens de me livrer, dit à la dernière page de son livre l'éminent maître, nous permettent d'en constater les effets pour ainsi dire *de visu*. Et cela en conformité des idées directrices de notre immortel Lamarck. »

L'apparition du dernier fascicule des mémoires consacrés par M. Marcellin Boule à la description des grottes de Grimaldi marque, en quelque sorte, la première étape, en France, des publications paléontologiques d'après guerre. Puisse l'exemple donné par le professeur du Muséum être largement suivi dans notre pays. C'est surtout en propageant la pensée française par le livre que nous pourrons lutter demain contre nos ennemis d'hier, dont l'activité scientifique ne s'est guère ralentie au cours de la terrible crise que nous venons de traverser et qui sont prêts à répandre de nouveau dans le monde leurs écrits.

L. Joleaud,
Maître de conférences de Paléontologie à la Faculté des Sciences de Paris.

4° Sciences diverses

Sarkar (Benoy Kumar), *Professeur, Membre du Conseil national d'Education du Bengale.* — **Hindu Achievements in exact Science.** — 1 *vol. in-12 de* XIII-82 *p.* (*Prix cart.*: 1 *dollar*). *Longmans, Green and C°, éditeurs, New-York et Londres*, 1918.

Dans ce petit livre, l'auteur se propose d'étudier les relations qui existent entre l'œuvre scientifique, d'ailleurs peu considérable, des Hindous et celle, beaucoup plus importante, des Grecs, des Chinois et des Sarrasins.

Les premiers savants de l'Inde se formèrent eux-mêmes, grâce au seul concours des prêtres de Brahma et de Boudha qui n'empruntèrent rien aux adorateurs des dieux de l'Olympe. Cependant, comme l'indique M. Sarkar au début de son travail, ils excellèrent en Arithmétique et surtout en Algèbre. Ainsi ils parvinrent à résoudre l'équation du second degré à une ou à deux inconnues. Leurs productions les plus remarquables se rapportent, en effet, aux propriétés des nombres ou aux transformations algébriques, tandis que les chefs-d'œuvre mathématiques des Hellènes sont surtout géométriques. La caractéristique des génies respectifs de ces deux races est donc bien différente. En Astronomie, en Chimie, en Médecine et en Physiologie, ils firent également quelques-unes des découvertes dont s'énorgueillissent les Occidentaux.

Ainsi le philosophe *Aryabhata*, qui naquit à Patna vers l'an 475, savait résoudre l'équation complète du second degré à coefficients indéterminés; *Brahmagupta* (598-660) énonça le théorème du carré de l'hypoténuse, diverses propriétés du cercle et les formules du volume d'un cône, d'une pyramide, etc. De son côté, *Vachaspati* (vers 850) eut l'idée d'appliquer l'Algèbre à la Géométrie huit siècles environ avant Descartes, et *Bhaskaracharya* (vers 1150) précéda de 500 ans Newton « dans la découverte des principes du Calcul différentiel et dans leur application aux problèmes astronomiques ».

Dans le domaine de la Chimie, *Patanjali* (11e siècle avant J.-C.) se révéla comme un des pionniers de la métallurgie, et les théories de *Nagarjuna* (1er siècle de notre ère) valent bien celles de Roger Bacon, de Paracelse et des autres alchimistes européens du Moyen Age. De leur côté, *Charaka* (vers le IVe siècle avant J.-C.) introduit la méthode expérimentale en médecine, et *Sushruta* (1er siècle de notre ère) pratiqua la chirurgie avec habileté. Notons en passant que, dès le IIIe siècle avant J.-C., l'Inde possédait des hôpitaux et des dispensaires, alors que les premiers établissements similaires de la chrétienté, les *paupera gymnasia*, ne remontent guère au delà du IVe siècle de notre ère. Au Moyen Age, du reste, l'anatomie et la physiologie humaines s'ébauchaient dans l'Inde en même temps que les diverses branches de l'histoire naturelle. Les minéralogistes hindous connurent l'or, l'argent, le cuivre, le fer, l'étain et le plomb indépendamment de toute aide étrangère et découvrirent le zinc près de deux siècles avant Paracelse; on trouve, en effet, ce métal mentionné dans un ouvrage de *Madanapala* (1374).

Les observations exactes concernant la physiologie des plantes ne manquent pas non plus dans les œuvres d'*Udayana* (vers 975) et de *Gunaratna* (vers 1350). Enfin comme les animaux tiennent une place importante dans la médecine, la vie économique, les beaux arts et les religions de l'Inde, la Zoologie, la Zootechnie et l'Art vétérinaire s'y implantèrent très anciennement. Ainsi *Shalihotra* fonde l'hippologie, *Sushruta-Nagarjuna* étudie les serpents et les effets de leur venin, *Palakapya* décrit minutieusement les éléphants, *Ladyayana* observe les insectes et les reptiles, *Dalvana*, le commentateur de Sushruta, se consacre plus spécialement aux oiseaux.

Tel est, dans ses grandes lignes, le modeste bilan de la science hindoue pendant l'Antiquité et le Moyen Age; à partir des temps modernes, confinée presque exclusivement dans les écoles des Brahmines, elle ne compte plus. Ses principaux représentants, dont nous avons signalé rapidement les œuvres, ne sauraient donc soutenir la comparaison avec leurs contemporains occidentaux, comme M. Sarkar tend à le laisser entendre en manière de conclusion. Un abîme sépare les Aryabhata ou les Charaka des Platon, des Archimède et des Aristote, ou même des Pappus et des Diophante.

Jacques Boyer.

Cerfbeer de Medelsheim (G.). — **Conseils pratiques à un directeur d'entreprise commerciale ou industrielle.** — 1 *vol. in-18 de* 160 *p.* (*Prix* : 4 *fr.*). *Berger-Levrault, éditeurs, Nancy, Paris, Strasbourg*, 1919.

La qualité dominante de cet ouvrage, celle qui s'impose à l'esprit après sa lecture, c'est la connaissance approfondie de l'homme dont fait preuve l'auteur. De tous les livres nombreux parus sur l'organisation des usines ou sur des sujets analogues, peu donnent l'impression d'une pareille maîtrise, d'une œuvre nettement au-dessus de la moyenne, rappelant à bien des points de vue les travaux de James Hartness. Comme avec cela l'auteur ne pontifie pas, que son ouvrage est plutôt une agréable causerie, son influence est excessivement active.

La lecture du chapitre des qualités requises chez un directeur est intéressante pour tout le monde, employés comme directeurs; les subdivisions traitant de l'organisation, de la coordination, du commandement, de la décision, de l'expérience sont remarquablement traitées.

L'auteur, très partisan des systèmes rationnels de travail préconisés par des économistes américains, en fait cependant une critique très juste en ce qui concerne le point de vue français; de leur étude logique nous avons à tirer un grand parti.

L'auteur est un partisan plutôt tiède du travail des femmes dans l'industrie. « Elles imitent, copient, suivent une directive avec plus d'application et par conséquent avec plus de succès que l'homme, mais elles ne créent pas. » Manque d'initiative, manque d'autorité : c'est peut-être là un jugement un peu excessif; en admettant même, ce qui n'est pas, que cette opinion soit conforme à la réalité, l'auteur néglige la question d'atavisme qui joue un rôle important en la circonstance. La main-d'œuvre féminine a donné, au cours de ces dernières années, des preuves de sa valeur, valeur qui ira certainement en augmentant.

M. Desmarets.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS
Séance du 1er Mars 1920

M. **A. Mesnager** est élu membre de la Section de Mécanique. — M. **A. Fowler** est élu Correspondant pour la Section d'Astronomie.

1° Sciences mathématiques. — M. **A. Rateau** : *Sur l'altitude de vol qui correspond au minimum de consommation kilométrique, et sur le calcul de la meilleure hélice pour un avion donné.* 1° A cause des résistances passives du moteur, le minimum de consommation d'essence et d'huile se produit non au plafond, mais à quelque 150 m. au-dessous ; la variation est inférieure à 1 °/₀ dans une marge d'altitude d'environ 400 m. 2° Si l'on veut favoriser le plafond, il faut mettre une hélice ayant au sol un recul inférieur de 8 °/₀ à celui (0,20) du maximum de rendement, et, pour favoriser la montée, aller jusqu'à 16 °/₀. Si l'on veut favoriser les faibles altitudes, il faut une hélice de pas plus grand, donc de diamètre plus faible, que celle qui, au sol, travaillerait avec le rendement maximum. — M. **Ch. Frémont** : *Sur la résistance des aciers à la coupe des outils.* Les praticiens savent que des aciers de même résistance à l'essai de traction présentent parfois, à l'outil qui les entame, une plus grande dureté les uns que les autres. L'auteur montre que ce phénomène est en relation avec la *résistance finale* de ces aciers, en désignant sous ce nom la résistance que l'on calcule en divisant l'effort auquel était soumise l'éprouvette de traction au moment de sa rupture par la section réelle de rupture, c'est-à-dire la striction de l'éprouvette. La résistance finale à la traction semble intervenir en partie dans la résistance à l'usure.

2° Sciences physiques. — M. **Aug. Righi** : *Sur les bases expérimentales de la Théorie de la relativité.* Si d'ordinaire on voit dans l'appareil de Michelson des franges assez rapprochées et assez nettes pour qu'il soit possible d'en constater un déplacement, c'est tout simplement grâce à la circonstance que les réflecteurs n'ont pas exactement (soit volontairement soit par hasard) les orientations qu'ils sont censés avoir. Sinon, la rotation de 90° de l'appareil ne doit produire aucun déplacement de franges. — MM. **J. Guyot et L. J. Simon** : *Sur la combustion sulfochromique des éthers méthyliques.* Les auteurs ont dosé le carbone dans les éthers méthyliques par oxydation avec CrO^3 en présence d'acide sulfurique et mesure du volume de CO^2 produit. Dans les mêmes conditions, les dérivés éthylés, les éthylsulfates par exemple, ne sont pour ainsi dire pas oxydés. Dans les éthers éthyliques des acides organiques, on observe la combustion complète de l'acide, accompagnée d'un combustion régulière, mais très faible, presque négligeable, de l'alcool. — MM. **A. Mailhe** et **F. de Godon** : *Préparation des acides aliphatiques par oxydation catalytique des alcools primaires.* Dans les essais antérieurs, l'oxydation des alcools s'accompagnait d'une certaine destruction avec formation de CO^2. Les auteurs montrent qu'il est possible d'obtenir les acides par oxydation catalytique des alcools primaires au contact du cuivre divisé. Il se forme toujours une dose importante d'aldéhyde qui résulte, au moins partiellement, d'une oxydation ménagée de l'alcool mis en œuvre. La quantité condensée est d'autant plus grande que cette aldéhyde est moins volatile. — Mme **Z. Gruzewska** : *Contribution à l'étude de la laminarine du* Laminaria flexicaulis. La laminarine ne peut, comme on l'a fait jusqu'ici, être rapprochée des dextrines, dont la séparent, non moins que son pouvoir rotatoire gauche, sa résistance aux acides et aux alcalis. Sa digestibilité par les diastases végétales lui donne la signification d'une substance de réserve dans les Algues marines. — MM. **Em. Bourquelot et M. Bridel** : *Sur un nouveau glucoside hydrolysable par l'émulsine.* Les auteurs ont isolé de la Scabieuse Succise, outre du saccharose qui a été séparé à l'état cristallisé, un glucoside, la scabiosine, $[\alpha]^D = -106°,52$, hydrolysable par l'émulsine avec formation de glucose et d'un produit jaunâtre insoluble dans l'eau.

3° Sciences naturelles. — M. **C. Schlumberger** : *Essais de prospection électrique du sous-sol.* L'auteur a effectué depuis 8 ans une série de recherches sur la répartition, à l'intérieur du sol, du courant électrique qui s'écoule entre deux prises de terre, dans le but d'étudier la constitution géologique des terrains et éventuellement d'y déceler la présence des minerais bons conducteurs de l'électricité. Il est ainsi parvenu dans le Calvados à mettre en évidence : 1° la direction horizontale de la stratification du Silurien ; 2° l'emplacement du contact des grès armoricains et des schistes à Calymènes ; 3° le passage d'une faille et l'amplitude de son rejet horizontal. La même méthode est utilisable pour l'étude des amas pyriteux. — M. **J. L. Lichtenstein** : *Le parasitisme* d'Aphiochæta (Phora) fasciata *Fallen.* Après la fécondation, la femelle de ce Diptère va pondre sur les nymphes, jamais sur les larves, de Coccinelles. La nymphe ayant reçu un œuf demeure parfaitement vivante et pas affaiblie, qu'elle ait été ou non sucée au préalable par l'*Aphiochæta* ; elle ne dépérit que peu après la pénétration de la larve qui dévore les organes. Ces données témoignent d'une adaptation étroite à la vie parasitaire. — M. **R. Anthony** : *L'exorchidie du Mesoplodon et la remontée des testicules au cours de la phylogénie des Cétacés.* L'exorchidie des Cétacés actuels doit être envisagée comme résultant d'un processus d'ascension secondaire des testicules, dont une des premières étapes s'observe chez le *Mesoplodon*, le plus primitif d'entre eux. Les Carnassiers pinnipèdes adaptés comme les Cétacés à la vie dans les eaux, mais d'une spécialisation moindre, dont la provenance de Carnassiers fissipèdes à testicules externes ne saurait d'autre part être mise en doute, paraissent présenter un début de la même évolution : les Otariidés (Pinnipèdes à oreilles externes) ont encore un scrotum rudimentaire situé en avant de l'anus ; chez les Phocidés (Pinnipèdes sans oreilles externes), le testicule est déjà remonté à la région inguinale. — M. **H. Piéron** : *De la variation de l'énergie liminaire en fonction de la durée d'excitation pour la vision fovéale.* L'allure générale de la courbe obtenue par l'auteur est complexe et montre que la loi de variation de l'énergie liminaire en fonction de la durée d'excitation lumineuse de la fovéa est complexe, et tout à fait analogue à la loi correspondante établie par Lapicque pour l'excitation électrique des nerfs moteurs. — MM. **A. Vernes** et **R. Douris** : *De l'action de certains précipités sur la dissolution des globules rouges.* Les auteurs décrivent une expérience facile à réaliser qui montre comment le sérum de porc, qui pouvait dissoudre des globules rouges de mouton, ne peut plus le faire quand on lui a fait dissoudre d'abord un précipité de sulfocyanate ferrique et de sérum humain. Cet essai rend manifeste le mécanisme de certaines expériences où le degré d'hématolyse peut être utilisé pour apprécier, d'une manière indirecte et très sensible, l'intensité des plus petites floculations produites par le sérum humain. — M. **A. Trillat** : *Influence de la variation de la pression barométrique sur les gouttelettes microbiennes en suspension dans l'atmosphère.* La détente brusque de l'air a pour effet d'accélérer la chute des gouttelettes microbiennes et de purifier l'atmosphère en le dépouillant des germes en suspension. Dans le cas d'une dépression lente, la précipitation est moins appréciable et se rapproche de la vitesse

de chute des gouttelettes dans l'air à pression constante. La précipitation des gouttelettes est due vraisemblablement à l'augmentation de leur poids, résultant de la condensation instantanée de l'humidité sur leur périphérie.

Séance du 8 Mars 1920

Sir **J. Dewar** est élu Correspondant pour la Section de Physique générale, en remplacement de M. Blaserna, décédé.

1° Sciences mathématiques. — M. **F. E. Fournier** : *Formes de carènes de moindre résistance à leur translation à air libre à toutes les vitesses.* Le volume de carène qui, par ses formes spéciales, peut satisfaire aux conditions de moindre résistance à la translation est un tétraèdre, ayant pour plan de flottaison, et pour fond plat incliné de 5°18'30" sur ce plan, deux triangles isocèles, adjacents par la base, d'une même largeur sur la poupe, et reliés par leurs sommets aux deux extrémités de l'arête verticale formant l'étrave de ce volume. Les constructeurs de canots de course ont été conduits par leurs essais à adopter, pour les carènes de ces petites unités extra-rapides, des formes se rapprochant, autant que possible, de celles du tétraèdre ainsi définies. — M. **H. Blondel** : *Application de la méthode de Lagrange à l'orbite de la planète découverte par M. Comas Sola le 13 janvier 1920.* M. Comas Sola a découvert le 13 janvier 1920 à Barcelone une nouvelle planète de grandeur 10,5. Étant donné le caractère extraordinaire de cette découverte, on s'est demandé si l'on n'avait pas affaire à une comète. L'auteur a calculé son orbite en employant la méthode de Lagrange et les éléments trouvés montrent qu'il s'agit bien d'une planète. Sa forte inclinaison est cause qu'elle ne se trouve près de l'écliptique qu'au voisinage des nœuds, lesquels reviennent en opposition dans des situations peu favorables aux recherches : l'un en juillet, dans une position australe proche de la Voie lactée ; l'autre en janvier, mois d'hiver pendant lequel le ciel est nuageux. Ce sont sans doute ces circonstances moitié atmosphériques, moitié célestes, qui ont empêché de découvrir plus tôt cette planète. — M. **Em. Belot** : *Forme nouvelle de la loi des distances des planètes et satellites faisant ressortir la formation spirale du système planétaire et la cause de la rotation des planètes.* Les calculs de l'auteur rendent manifestes par la loi des distances les trajectoires spiraloïdes des planètes et satellites à l'origine. Ces trajectoires ont disparu par la condensation par rotation de chaque nappe en une planète. Au contraire, dans les nébuleuses spirales, les trajectoires sont encore visibles parce que les spires ne sont pas encore désintégrées en masses isolées analogues aux amas globulaires de notre Voie lactée. C'est le temps seul qui a différencié le système planétaire à évolution originelle très rapide, des nébuleuses spirales à évolution très lente.

2° Sciences physiques. — M. **V. Bjerknes** : *Sur la relation entre les mouvements et les températures des hautes couches atmosphériques.* L'auteur, en partant de la considération des surfaces isobares, et en supposant soit que l'atmosphère est limitée, soit qu'elle est illimitée, arrive aux mêmes conclusions ; c'est que : 1° dans les couches atmosphériques inférieures, la température croît des pôles vers l'équateur ; 2° dans des couches atmosphériques assez hautes, la température croît de l'équateur vers les pôles. Donc on trouvera les températures les plus basses de l'atmosphère dans des hauteurs assez grandes au-dessus de l'équateur, tandis que dans les hauteurs correspondantes au-dessus des pôles on trouve des températures relativement élevées. Ce résultat a été vérifié par les sondages aérologiques des dernières années. — M. **C. E. Brazier** : *Sur la variation des indications des anémomètres Robinson et Richard en fonction de l'inclinaison du vent.* Dans la position de fonctionnement normal, deux formules connues donnent la vitesse du vent en fonction de la vitesse de rotation du moulinet pour ces deux anémomètres. Des relations de même forme restent applicables quand les moulinets sont inclinés sur les filets d'air de 30° par rapport à leur position normale ; il suffit de multiplier par un facteur donné le second terme de l'équation ; ce facteur est alors égal à 1,1 pour l'appareil Robinson et 0,8 pour l'appareil Richard. Mais, dans un courant d'air à vitesse constante, la variation de la vitesse de rotation n'est pas une fonction simple de l'angle d'inclinaison du plan du moulinet par rapport à la direction des filets d'air. Pour certaines inclinaisons, le moulinet reste immobile ; pour d'autres, le sens de la rotation est inversé. — M. **L. Besson** : *Sur la forme primitive de la glace atmosphérique.* L'auteur a cherché à déduire, des rayons observés des halos extraordinaires, l'inclinaison effective des faces obliques dans les cristaux de glace atmosphérique. Il a constaté qu'avec une inclinaison des facettes voisine soit de 25°, soit de 28°, cette forme peut donner à la fois, non seulement les trois halos les plus connus, ceux de van Buijsen, de Rankin et de Burney, mais encore ceux de Feuillée et de Dutheil. La valeur la plus probable paraît être 25°14'4. — M. **L. de Broglie** : *Sur le calcul des fréquences limites d'absorption K et L des éléments lourds.* La théorie de Bohr donne, pour les fréquences K et L, des valeurs admissibles pour les bandes K, mais beaucoup trop fortes pour les bandes L_1. La formule de Végard donne, au contraire, des valeurs assez concordantes pour les bandes L_1. — M. **Rennesson** : *Sur la perte d'énergie dans le diélectrique des câbles industriels.* L'auteur a déterminé l'allure de la variation des pertes d'énergie dans le diélectrique d'un câble de canalisation souterraine industrielle à haute tension, en fonction de la tension et de la température, en opérant sur quelques mètres de câble, avec un wattmètre de sensibilité appropriée. A température et fréquence constantes, les pertes sont approximativement proportionnelles au rapport des carrés des tensions entre 5.000 et 10.000 volts et des puissances 2,5 des tensions à 5.000 et à 15.000 volts. A tension et fréquence constantes, les pertes vont d'abord en décroissant rapidement de 14° à 30°, pour croître de nouveau aux températures supérieures. — MM. **Ch. Boulin** et **L. J. Simon** : *Préparation du chlorure et du bromure de méthyle à partir du sulfate diméthylique.* L'action de HCl à 16° B. sur le sulfate diméthylique constitue une préparation commode du chlorure de méthyle pur ; le bromure de méthyle s'obtient facilement et avantageusement par action d'une solution concentrée d'un bromure alcalin, légèrement acidifiée par l'acide sulfurique, sur le sulfate diméthylique. — MM. **J. Martinet** et **O. Dornier** : *Sur les azoïques de l'indoxyle.* En versant dans un mélange de glace et de fondue d'indoxyle, neutralisée par l'acide sulfurique, la quantité correspondante d'un composé diazoïque, les auteurs ont obtenu un certain nombre de dérivés azoïques de l'indoxyle. Ceux-ci, précipités par l'eau de leurs solutions acétiques, teignent sous cet état la laine et la soie en nuances de plus en plus profondes à mesure que le poids moléculaire augmente. — M. **A. Caillas** : *Recherche de l'invertine dans le miel pur d'abeilles.* Le miel pur d'abeilles contient bien la diastase invertine, introduite par l'abeille avec le nectar transformé dans son jabot. Cette présence permet d'expliquer pourquoi deux analyses de miel, faites à intervalles un peu éloignés, ne donnent jamais les mêmes résultats quant à la teneur en sucres. Un miel jeune, qui dose jusqu'à 8 % de saccharose, voit progressivement ce taux diminuer pour tomber à 2 et 3 % après quelques années, moment où un équilibre s'établit. Le miel est donc essentiellement un aliment assimilable ; de plus, grâce à l'invertine qu'il contient, il peut souvent être employé en cas d'atonie ou de paresse de l'intestin.

3° Sciences naturelles. — M. **Zeil** : *Les mouvements ascensionnels de l'écorce terrestre et les anomalies de la pesanteur.* D'après l'auteur, en la phase de faux équilibre actuelle de l'écorce terrestre, la pesanteur est en général anormale et varie constamment ; elle est systématiquement en excès sur les bas-fonds surchargés et en

défaut sur les continents déchargés. L'anomalie est proportionnelle à la surcharge et à la décharge produites depuis le dernier réajustement. — M. G. **Denizot** : *La pénéplaine inférieure du bassin de Paris.* Cette pénéplaine réunit un ensemble de pénéplaines partielles, développées autour des massifs nivelés par la pénéplaine supérieure (voir p. 161); bien moins étendues, elles sont par contre très exactement conservées. Ce sont les pénéplaines de la Basse-Loire, de la Seine, de la Somme et de la Champagne pouilleuse. La pénéplaine inférieure date, avec le maximum de probabilité, du Pliocène récent ou Villafranchien. — M. A. **Guillermond** : *Sur les éléments figurés du cytoplasme.* De ses recherches sur les cellules épidermiques de la feuille d'*Iris germanica*, l'auteur conclut qu'il y a lieu de distinguer dans la cellule végétale : 1° un appareil vacuolaire (vacuome de M. Dangeard) qui présente à son origine des formes mitochondriales ; 2° un chondriome semblable à celui de la cellule animale et constitué par deux variétés de mitochondries ; 3° de petits globules de nature probablement lipoïde, qui n'ont rien de commun avec le chondriome. — M. J. **Duarte d'Oliveira** : *Sur la transmission de la fasciation et de la dichotomie à la suite de la greffe de deux vignes portugaises.* Sur des rangées du *Riparia* × *Rupestris* 3309, l'auteur a greffé le Gonçalo Pires, cépage portugais qui a pour caractères spécifiques permanents de porter des rameaux fasciés et presque toujours dichotomes. Puis, sur ce dernier, il a surgreffé la variété Albino de Souza, qui possède des tiges normales. Or dès les premiers débuts du développement, les pousses du greffon Albino de Souza étaient fasciées et dichotomes comme celles de son sujet, le Gonçalo Pires. C'est là un nouveau cas de transmission très nette de deux caractères spécifiques du sujet au greffon. — M. J. **Magrou** : *Immunité des plantes annuelles vis-à-vis des champignons symbiotiques.* L'auteur a observé que chez l'Orobe annuel l'invasion de l'endophyte n'aboutit qu'à la production d'une association instable et fugace, tandis que chez l'Orobe à tubercules une symbiose durable s'établit entre le champignon et la plante. La symbiose paraît avoir pour condition essentielle la résistance des troncs mycéliens à la phagocytose, qui se limite électivement aux arbuscules. Au contraire, l'immunité, qu'il s'agisse de plantes annuelles ou de plantes vivaces anormalement résistantes, tient à la destruction totale de ce même mycélium, qui peut être primitive, s'exerçant dès les premières tentatives de pénétration (Pomme de terre, *Solanum nigrum*), ou secondaire à un large envahissement des racines (*Orobus coccineus*, *Mercurialis annua*). — M. J. L. **Dantan** : *Les huîtrières ; leur développement, leur classement, leur exploitation.* L'auteur divise les huîtrières naturelles en 2 groupes : celles qui servent uniquement à fournir des produits pour l'engraissement et la vente, et celles qui, en même temps que ce but, ont aussi celui de produire du naissain. Ces dernières, plutôt rares (Morbihan, Auray, Trinité, Quiberon), devraient faire l'objet d'une réglementation particulière. Les autres bancs, qui ont beaucoup prospéré pendant la guerre, devraient être exploités par cantonnements, c'est-à-dire par zones successives, afin d'éviter que des dragages intensifs n'amènent leur appauvrissement et même leur disparition temporaire ou définitive. — MM. J. E. **Abelous** et L. C. **Soula** : *Fonction cholestérinogène de la rate.* L'injection d'HCl dans le duodénum augmente nettement la cholestérinémie, alors que cette augmentation ne se produit plus après ablation de la rate. Ce fait montre le rôle prépondérant de cet organe dans la cholestérinogénèse, le foie ne possédant cette propriété qu'à un degré infiniment moindre.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 28 Février 1920

MM. **Nanta** et **Soula** : *Influence des injections d'acide dans le duodénum sur le métabolisme.* Il semble, d'après les expériences des auteurs, que l'action des injections d'acide dans le duodénum ne se borne pas à l'effet sécrétoire bien connu, mais influe sur les processus de désassimilation pour les accroître. Les constatations les plus typiques à ce point de vue sont la diminution du glycogène et l'augmentation de la protéolyse, particulièrement dans la rate. En dehors des sécrétions digestives, le mécanisme humoral peut donc agir sur des organes tels que le foie et la rate, comme le prouvent les modifications histologiques et chimiques dont ils sont le siège. — MM. L. **Rénon** et R. **Mignot** : *Sérothérapie par la voie respiratoire chez l'homme.* Les auteurs ont confirmé chez l'homme les résultats obtenus par Besredka en introduisant des sérums dans le larynx et la trachée par la méthode de Cantonnet. Des injections de sérum antipneumococcique liquide ou concentré sirupeux dans des pneumonies grippales à pneumocoques, de sérum antistreptococcique liquide chez des tuberculeux dont les crachats contenaient du streptocoque, de sérum de cheval chez un hémophile, ont été remarquablement tolérées, sans choc anaphylactique. Ces faits encouragent l'utilisation de la voie respiratoire pour l'introduction des sérums thérapeutiques liquides et concentrés chez l'homme. — M. A. **Mougeot** : *L'isochronisme radio-fémoral des pulsations artérielles.* Depuis longtemps, on sait que le pouls fémoral à la base du triangle de Scarpa et le pouls radial au lieu classique de la palpation présentent le même retard (de 0"17) sur la systole ventriculaire chez l'homme normal. L'auteur montre que cet isochronisme radio-fémoral est rompu chez les sujets atteints de rigidification des parois aortiques, à la condition que cette rigidification atteigne au moins l'une de ces deux portions : thoracique descendante ou abdominale, de préférence cette dernière. L'avance du pouls fémoral (de 0"3 à 0"4 et plus) est due, dans ce cas, à une forte augmentation de la vitesse de propagation de l'onde dans le système aortico-iliaque. — MM. L. **Launoy** et M. **Lévy-Bruhl** : *De l'action comparée du benzène et du cyclohexane sur les organes hématopoïétiques.* Le cyclohexane, produit de réduction totale du benzène, est trois fois moins toxique que ce dernier. Les propriétés leucotoxiques du benzène ne se retrouvent pas, à doses comparables, avec le cyclohexane. La réaction néoformatrice précoce de la moelle osseuse, peu sensible avec le benzène, est très marquée avec le cyclohexane. Du point de vue chimique, la réduction totale du benzène a donc pour effet de diminuer la toxicité générale de ce corps ; toutefois, elle laisse persister dans le corps réduit l'affinité particulière du benzène pour les centres hémopoïétiques. — M. T. **Kabeshima** : *Sur un ferment d'immunité bactériolysant ; de la nature du microbe filtrant bactériophage de d'Hérelle.* Le principe bactériolysant, considéré par d'Hérelle comme un microbe bactériophage, mis en contact avec certains bacilles pathogènes, les fait disparaître par une sorte de dissolution. L'auteur a isolé du bactériolysat, par extraction à l'acétone, une poudre d'un blanc jaunâtre, dont le pouvoir bactériolysant, même en petite quantité, est beaucoup plus actif que le lysat lui-même. Ce pouvoir se conserve, pour le bacille dysentérique de Shiga, même jusqu'au 480e passage. Dans ces conditions, l'auteur estime que le principe bactériolysant n'est pas un être vivant, mais un ferment catalysateur.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 6 Février 1920

M. **Paul Langevin** : *Les aspects successifs du principe de relativité.* La *Revue* publiera prochainement un article sur cette question.

Séance du 20 Février 1920

M. **Gaston Gaillard** : *Sur un coefficient de temps à faire intervenir dans l'échange des températures.* Dans

les essais faisant l'objet de la présente communication, le thermomètre à mercure a été employé à la fois comme thermomètre et comme calorifère par rapport à divers liquides et l'on a cherché à étudier son refroidissement par rapport à ces derniers. Le liquide était à la température de la glace fondante et maintenu dans un bain de glace; le thermomètre qui y était plongé marquait la température de l'air ambiant et l'on choisissait les circonstances pour que l'écart ne fût pas de plus de 10° à 12°. Les essais ont porté sur le refroidissement du thermomètre à mercure dans l'eau, dans le mercure où il est environ deux fois et demie plus rapide; dans l'alcool, la benzine, l'essence de térébenthine, l'acide sulfurique, le sulfure de carbone, la glycérine, où il est plus lent que dans l'eau; dans l'huile de ricin, l'huile de vaseline, où il s'effectue encore plus lentement, etc. Si, pour certains de ces corps, on retrouve des relations entre les temps employés et les chaleurs spécifiques ou la conductibilité, il n'en est pas de même dans tous les cas. Ces observations ont été faites avec divers thermomètres à mercure qui naturellement ont fourni des valeurs différentes, selon le poids du mercure qu'ils contenaient et leurs autres caractéristiques, mais dont les rapports restent sensiblement constants. Dans d'autres, effectuées avec des thermomètres à alcool et à toluène, on a obtenu des valeurs respectives différentes dont les rapports, qui restent de même à peu près constants pour chacun d'eux, varient avec la nature du liquide du thermomètre. D'après ces essais préliminaires, il paraît indispensable, avant toute interprétation, de tenir compte des causes d'erreurs inhérentes aux expériences de ce genre et, comme l'auteur se le propose, d'aborder dorénavant ces recherches avec une méthode d'enregistrement. — **M. J. Servais** : *Les interférences artificielles et leurs applications physiques et industrielles.* Sous le nom d'*interférences artificielles*, l'auteur désigne les phénomènes de moiré produits par superposition de réseaux de lignes et restés jusqu'ici sans aucune application. Le *linéomètre différentiel* et le *compte-fils différentiel* sont deux appareils similaires, composés d'un réseau de lignes convergentes gravées sur verre s'appliquant respectivement sur une photogravure ou sur un tissu; le moiré apparaissant indique sur une graduation longitudinale la valeur moyenne des écarts en nombre de lignes ou nombre de fils par unité, indépendamment de toute équation personnelle de l'expérimentateur. Dans le *galvanomètre* muni du *système d'échelles interférentielles*, un réseau éclairé est reproduit par le miroir concave sur un autre réseau : le déplacement des ombres produites par cette superposition représente amplifié le déplacement de l'image du premier réseau remplaçant le spot. L'auteur signale les applications générales de ce système dans le domaine des appareils de mesures et en particulier des appareils de mesures électriques. Il indique les moyens d'obtenir toute la précision et visibilité désirables dans l'application pratique du procédé. *Vernier interférentiel.* Le fonctionnement des échelles est mathématiquement identique à celui du vernier et l'on conçoit que ce système puisse remplacer le vernier dans toutes ses applications. *Essai des objectifs photographiques.* On reproduit un réseau au moyen de l'objectif à essayer et l'on superpose à cette reproduction un réseau sans déformation. Les ombres constituant le moiré apparaissant représentent, agrandies et multipliées, les déformations de l'objectif. Ce moiré n'apparaît que dans la surface de couverture pour la netteté définie par la valeur du réseau reproduit. L'astigmatisme est indiqué par l'inégalité des deux diamètres de la zone de couverture. Les défauts d'achromatisme apparaissent par des différences de coloration du moiré lorsque l'on fait varier la mise au point. L'auteur signale un procédé pratique et simple permettant de n'opérer qu'avec un cliché obtenu avec l'objectif à essayer. *Mesures des échelles de reproduction par réseau et compte-fils. Procédé de mise au point* avec approximation donnée. Le sujet étant recouvert d'un réseau et le verre dépoli d'un second réseau, le moiré n'apparaît sur le verre dépoli que dans les limites de la mise au point. *Procédé d'étude des déformations* des papiers d'enregistreurs photographiques sous l'action des bains. *Sphéromètre* basé sur l'observation d'anneaux analogues aux anneaux colorés de Newton et obtenus par simple application d'un réseau sur une surface convexe. L'auteur indique de nombreuses autres applications possibles de son procédé.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 11 Décembre 1919

Sciences naturelles. — **M. C. F. U. Meek** *Nouvelle étude des dimensions des chromosomes.* Dans un mémoire précédent publié en 1912, l'auteur était arrivé à la conclusion que le degré de complexité somatique d'un animal ne peut être mis en corrélation soit avec les longueurs, soit avec le nombre des chromosomes composant son complexe. De nouvelles recherches cytométriques ont montré que le degré de complexité somatique d'un animal ne peut pas davantage être relié soit au volume total, soit aux diamètres des chromosomes qui composent son complexe. On observe un grand nombre de diamètres chromosomiens différents. Les chrosomomes composant le complexe spermatogonique d'un animal ne sont pas nécessairement identiques comme diamètre à ceux qui composent son complexe spermatocytique secondaire. Tous les chromosomes constituant un complexe individuel n'ont pas nécessairement le même diamètre. Il est donc impossible de donner actuellement une classification du règne animal basée sur les chromosomes qui corresponde à celle qui se fonde sur les caractères somatiques. — **M. J. Gray** : *Les relations des spermatozoïdes avec certains électrolytes.* II. Une suspension de spermatozoïdes d'*Echinus miliaris* dans l'eau de mer se comporte vis-à-vis des ions positifs trivalents exactement de la même façon qu'une suspension de particules négativement chargées de colloïdes tels que l'albumine ou la globuline. Ce n'est que dans les solutions qui sont capables de maintenir la charge négative normale que le mouvement des spermatozoïdes peut se produire. Les ions trivalents de Ce ou de La font floculer les suspensions de sperme par enlèvement de la charge négative. L'action de l'ion H est très intense et fait passer la charge superficielle du négatif au positif sans aucune flocculation intermédiaire. — **MM. J. M. H. Campbell, C. G. Douglas et G. F. Hobson** : *Les échanges respiratoires de l'homme pendant et après l'exercice musculaire.* Les auteurs apportent un certain nombre de faits en faveur de l'hypothèse que le travail musculaire peut provoquer le métabolisme d'une plus grande proportion d'hydrates de carbone par rapport aux graisses que pendant le repos. Durant les travaux les plus pénibles, un déficit sérieux d'oxygène, indiqué par la production d'acide lactique, peut conduire pendant les dernières périodes de travail à une forte exagération temporaire de l'hyperpnée, accompagnée d'une élimination de CO^2 préformé de l'organisme et d'un quotient respiratoire anormalement élevé, phénomènes qui ne se présentent pas dans le cas d'un travail plus facile. — **M. A. D. Waller** : *La dépense physiologique du travail musculaire mesurée par le décharge de l'anhydride carbonique.* I. *La production d'énergie des travailleurs des docks pendant un travail fatigant.* L'auteur propose une méthode de détermination de l'énergie dépensée pendant le travail qui consiste dans la mesure de la décharge de CO^2 à intervalles convenables durant la journée ou la nuit de travail avec l'interruption de travail la moindre possible. D'après cette méthode, l'énergie dépensée par deux dockers correspondrait à environ 100 calories par m^2 et par heure pour le travail à la journée et 160 calories pour le travail aux pièces. L'auteur compare ces chiffres avec ceux obtenus par d'autres expérimentateurs et d'autres méthodes.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE LONDRES

Séance du 15 Janvier 1920

M. R. Lessing : *Sur la constitution du charbon. I. Le comportement du charbon bitumineux à bandes pendant la cokéfaction.* Les expériences de l'auteur ont porté sur des échantillons de fusain, durain, clarain et vitrain[1] isolés par Mlle Stopes d'un bloc de charbon bitumineux du sud du comté de Stafford. Il les a soumis à une distillation rapide dans un espace confiné (tube de quartz étroit pourvu d'un piston mobile) et a trouvé que le fusain ne forme pas de coke, le durain à peine, tandis que le clarain et le vitrain donnent un coke très cohérent (à 600°). Le coke du durain est d'une couleur gris sombre, celui du clarain est brunâtre avec un lustre bronzé, et celui du vitrain gris d'argent et lustré, comme un coke métallurgique de première qualité. A 900° C. les différences sont encore plus marquées ; une formation cratériforme ou en champignon apparaît à la surface du vitrain. L'auteur estime que les différences des qualités cokéfiantes ne sont pas dues seulement à la teneur variable en matière organique, et il pense que la formation du charbon est probablement influencée par la nature et la quantité de matière minérale présente, cette dernière agissant peut-être catalytiquement. II. *Les constituants minéraux du charbon à bandes.* L'auteur décrit les cendres obtenues par l'incinération des constituants du charbon mentionnés ci-dessus. Les différences sont très marquées, non seulement au point de vue de la couleur, mais de la quantité et de la composition. Le fusain laisse 4,5-16 °/₀ de cendres, le durain 5-7 °/₀, le clarain et le vitrain 1,1 à 1,2 °/₀. La solubilité dans l'eau et dans HCl est aussi très variable. Toutes les cendres sont alcalines, excepté celles du durain, qui sont neutres. La très haute teneur en alumine des cendres du durain (42 °/₀) peut s'expliquer par l'hypothèse que ce constituant provient principalement des Lycopodes, les seules plantes connues à haute teneur en aluminium, et cette induction est supportée par l'observation microscopique, qui montre que le durain contient un grand nombre de spores dans une matrice végétale. On trouve, toutefois, que le rapport $Al^2O^3 : SiO^2$ dans le durain et le fusain s'accorde avec celui de l'argile (0,85) plutôt qu'avec le rapport moyen dans les cendres de Lycopodes (2,92), mais ce rapport chez le clarain et le vitrain s'approche de ce dernier nombre. De même, la haute teneur en magnésium du clarain peut s'associer avec la présence (unique) de tissu foliaire, le magnésium étant un constituant de la chlorophylle.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

Section du Yorkshire

Séance du 3 Novembre 1919

M. C. H. Wright : *Variation des indices de réfraction des huiles fixes avec la température.* En combinant l'équation de Gladstone, qui relie l'indice de réfraction et la densité, avec celle de Mendéléeff reliant la densité et la température, l'auteur a obtenu la formule :

$$N = (N_1 - 1)\left\{\frac{1 - Kt}{1 - Kt_1}\right\} + 1,$$

où N et N_1 sont les indices de réfraction aux températures t et t_1 (en degrés C.), et où K est le module de dilatation qui, pour les huiles fixes, peut être considéré comme égal à 0,00076. Quand l'indice de réfraction d'une huile a été déterminé à une certaine température, il est donc possible de calculer sa valeur pour toute autre température. L'auteur donne un certain nombre d'exemples, comprenant l'huile d'olive, l'acide oléique et l'huile de lin, pour montrer que les valeurs mesurées à diverses températures concordent avec la formule.

Section de Londres

Séance du 1er Décembre 1919

M. A. Henning : *Le chlorure d'éthyle.* L'auteur décrit les emplois du chlorure d'éthyle comme agent éthylant dans la synthèse des matières colorantes et pharmaceutiques, comme réfrigérant et comme solvant. Avant la guerre, l'Allemagne fabriquait de grandes quantités de ce corps ; une seule usine en produisait annuellement 250.000 kg. L'Amérique possède actuellement 4 fabriques de chlorure d'éthyle, le Canada 1 et l'Australie 1. Comme agent d'éthylation, il est beaucoup moins coûteux que le sulfate d'éthyle, plus communément employé : le coût approximatif du radical C^2H^5 dans le chlorure est de 2 s. 3 d., contre 12 s. dans le sulfate. On se figure très généralement qu'il est nécessaire de conserver le chlorure d'éthyle dans des cylindres à haute pression et que c'est par conséquent un réactif dangereux et mal commode. Il n'en est rien : il peut être conservé très simplement dans des bonbonnes ordinaires, et siphonné ou transvasé dans des cruches d'un récipient à un autre ; il ne subit aucune perte quand on le conserve dans des bouteilles bouchées et il ne s'évapore que lentement quand il est exposé à l'air. Quoique inflammable, il n'est pas plus dangereux que l'alcool, et il n'est pas possible de l'enflammer au moyen d'étincelles. L'auteur indique par des tableaux les propriétés physiques du chlorure d'éthyle, ainsi que les transformations typiques qu'on effectue par son moyen dans l'industrie des colorants et des produits intermédiaires, où il s'est montré d'une grande valeur. Dans les types d'autoclaves employés pour l'éthylation, il est très important de n'employer aucune graisse dans les joints ; une garniture de fibre glycérinée la remplace avec avantage. Il faut aussi utiliser un chlorure d'éthyle très pur, car des traces du radical méthyle provoquent des variations de teinte des couleurs obtenues. Le chlorure d'éthyle possède un grand avantage : c'est qu'il ne s'acidifie pas du tout par une conservation prolongée, ce qui augmente son utilité comme solvant dans les usines et les laboratoires. M. Henning donne également une table des propriétés thermiques de ce corps et signale que plus de 150 installations l'emploient aujourd'hui aux Etats-Unis comme réfrigérant à la place de NH^3 ou CO^2. Comme il n'agit pas sur les métaux, on peut l'employer dans les installations à circulation directe.

1. *Rev. gén. des Sc.* du 28 février 1919, p. 128.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

31e ANNÉE N° 7 15 AVRIL 1920

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences, de l'Académie de Médecine

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Distinctions scientifiques

Elections à l'Académie des Sciences de Paris.—Dans sa séance du 22 mars, l'Académie a procédé à l'élection d'un nouveau membre pour la dernière place vacante dans la Division des applications de la Science à l'Industrie. Une Commission spéciale avait dressé la liste suivante de candidats : en première ligne, M. Maxime Laubeuf; en seconde ligne, M. Charles Rabut; en troisième ligne, MM. Bertrand de Fontviolant, L. Guillet et M. Prudhomme.

Au premier tour de scrutin, M. Laubeuf a été élu par 38 suffrages contre 18 à M. Ch. Rabut, 1 à M. Guillet et 1 à M. Prudhomme. Le nouvel académicien est ancien ingénieur en chef des Constructions navales et le créateur des types de sous-marins et de submersibles français.

§ 2. — Physique du Globe

Les marées dans les tuyaux. — En 1914, A. A. Michelson et H. G. Gale avaient fait une étude préliminaire des changements du niveau de l'eau dus à l'action des causes qui produisent les marées, dans deux tuyaux de 153 mètres de longueur placés respectivement dans la direction du méridien et du parallèle dans les caves de l'Observatoire Yerkes. Une série beaucoup plus précise d'observations les a conduits récemment à des résultats intéressants [1].

Les faibles variations du niveau de l'eau sont enregistrées par la photographie des franges d'interférence produites par le dispositif suivant : on place un miroir à environ 0,5 mm. au-dessous du niveau de l'eau, puis on fait passer à travers la pellicule d'eau ainsi formée un faisceau de lumière provenant d'une lampe électrique placée au-dessus; à son point d'émergence, le faisceau est réfléchi dans une chambre noire où une pellicule sensible se déplace à la vitesse de 2 cm. à l'heure. Les courbes ainsi obtenues ont montré un accord parfait avec les courbes théoriques calculées par le Prof. R. F. Moulton

1. *Astrophysical Journal*, déc. 1919.

La transition entre les marées d'équinoxes et les marées de morte-eau, et même la différence de hauteur des marées semi-diurnes alternatives, sont visibles au premier coup d'œil. Les marées dans les tuyaux sont les 69 centièmes de ce qu'elles seraient sur une terre rigide, de sorte que les marées de la croûte terrestre sont les 31 centièmes de ce qu'elles seraient si la terre était fluide. Les marées terrestres paraissent retarder de 4° sur les forces qui les produisent.

Cette méthode d'étude des marées évite plusieurs des complications qu'on rencontre dans l'observation des marées océaniques; elle paraît aussi capable d'une plus grande précision relative, malgré la petitesse des quantités en jeu.

§ 3. — Art de l'Ingénieur

Le chauffage des chaudières à vapeur à l'électricité. — La pénurie de houille, le combustible par excellence des foyers de chaudières, a fait songer à l'emploi d'autres moyens pour la production de la vapeur. En Suisse, par exemple, pays dépourvu de mines de houille, mais riche en forces hydrauliques, on a cherché à utiliser l'électricité pour porter l'eau à l'ébullition. Les essais ne datent pas d'hier, et déjà avant la guerre la Suisse possédait deux chaudières à vapeur à chauffage électrique. Dans celles-ci, des spirales en fil de nichrome plongeaient dans l'eau, et d'après des essais effectués sous le contrôle de la Société suisse de propriétaires d'appareils à vapeur, 770 grandes calories étaient rendues utilisables par kilowatt-heure sur un maximum possible de 860, soit un rendement d'environ 90 %. Depuis lors, plusieurs dispositifs nouveaux ont été construits et ont donné lieu à d'intéressantes observations [1].

Le chauffage des chaudières peut être effectué soit au moyen d'enroulements à résistance, soit au moyen d'électrodes. En courant continu, les enroulement isolés sont placés tantôt dans les tubes de la chaudière,

1. *Schweizerische Bauzeitung*, 8, 22 et 29 nov. 1919, et *Engineering*, 6 févr. 1920.

comme dans les premiers appareils mentionnés ci-dessus, tantôt dans des réchauffeurs spéciaux, situés dans la chaudière et fixés par une extrémité seulement, tandis que les tubes ordinaires de chaudière sont fixés par les deux bouts; dans ce cas, les réchauffeurs ne peuvent agir comme soutiens et la résistance de la chaudière doit être assurée par d'autres moyens. La Compagnie Oerlikon s'est fait une spécialité de ce genre d'appareils.

Quand on veut amener l'eau en contact direct avec la résistance, il faut placer les fils dans des tubes isolés au travers desquels l'eau circule. La maison Brown-Boveri et Cie construit deux types de dispositifs de ce genre, l'un pour des courants (toujours alternatifs) de 250 volts au maximum, l'autre pour des courants allant jusqu'à 1,000 volts. Dans le premier, le courant passe principalement à travers le fil, généralement en fer, tandis que dans le second il peut quitter les enroulements et traverser l'eau de la chaudière pour atteindre des pôles accessoires.

Comme les enroulements à résistance sont peu propres à l'utilisation de courants à haute tension, le courant d'alimentation doit alors être transformé; pour éviter l'emploi d'un transformateur spécial, on a été conduit à construire des chaudières à électrodes, dont la résistance consiste en feuilles ou en tiges de fer. Quand les électrodes sont fixées et descendent du plafond de la chaudière vers le bas, comme dans la chaudière Revel construite par la maison Escher Wyss et Cie, les connexions sont simples; mais la production de vapeur dépend alors de la hauteur d'électrode submergée et varie avec le niveau de l'eau; il faut alors régler ce niveau en agissant soit sur l'alimentation en eau, soit sur la pression de la vapeur. Des chaudières Revel fonctionnent aujourd'hui en Italie et en Espagne avec des courants de 150 à 600 volts, et même avec des intensités atteignant 6.000 volts. Elles fournissent, sur des circuits à basse tension, de 200 à 600 kg. de vapeur par heure, et sur les circuits à haute tension jusqu'à 900 kg., avec un rendement de 95 et même de 98 %.

Dans les chaudières à haute pression construites par les maisons Brown-Boveri et Cie et Sulzer frères, les électrodes, en fonte grise, sont fixées dans des isolateurs tubulaires en argile, porcelaine ou quartz. Le niveau de l'eau est maintenu constant, et la production de vapeur est réglée par l'élévation ou l'abaissement des électrodes. Sur les circuits triphasés, les porteurs de trois électrodes sont connectés en Δ ou en étoile. Par ce dispositif, on pourrait utiliser des courants allant jusqu'à 15.000 volts.

Les chaudières à chauffage électrique ne possèdent pas la simplicité des chaudières ordinaires; mais il semble qu'elles soient moins sujettes aux perturbations dues à la dureté des eaux. En effet, les sulfates et carbonates qui tendent à se déposer sur les électrodes sont rapidement détachés par les bulles de vapeur qui se forment au-dessous d'eux et ils sont précipités au fond de la chaudière à l'état de boue qu'il est facile d'enlever.

§ 4. — Physique

La détermination de la fluidité des métaux et alliages. — Pour déterminer quantitativement la fluidité des métaux et alliages, deux savants japonais, MM. D. Saito et K. Hayashi, ont récemment proposé la méthode suivante[1] : On coule dans un moule en sable une pièce de la substance à essayer en forme de spirale plate; la spirale a une section de 10×7 mm. et une longueur de 5.000 mm.; la distance entre les spires est de 25 mm. et le diamètre de la spire extérieure de 450 mm. On détermine la température du métal fondu au moyen d'un couple platine-platine-rhodium; on opère la coulée sous une hauteur définie de métal; la température du moule est maintenue entre 35° et 40°. La longueur de la spirale coulée, mesurée à froid, est prise comme mesure de la fluidité.

Les essais des auteurs ont porté sur un certain nombre de métaux : Pb, Zn, Sn, Sb, Al, Cu, et d'alliages : bronze, laiton, fonte grise et blanche, acier au creuset. La fluidité du plomb et du zinc est à peu près la même; celle de l'étain est plus élevée. La fluidité de l'antimoine est plus faible, et celle de l'aluminium encore moindre. Celle du cuivre est à peu près la moitié de celle du plomb. En alliant au cuivre moins de 11,4 % d'étain, la fluidité diminue; au delà de cette proportion, elle augmente. Le phosphore accroît la fluidité du bronze. La fluidité du laiton est à peu près la même que celle du bronze, et elle s'élève avec la teneur en zinc. La fluidité de la fonte blanche est approximativement le septième de celle de la fonte grise; c'est la plus faible parmi tous les métaux examinés. La fonte riche en phosphore a une plus grande fluidité que toutes les fontes grises expérimentées.

§ 5. — Chimie

La préparation et les propriétés des formes actives du carbone. — L'emploi du charbon de bois dans les masques contre les gaz asphyxiants a conduit aux Etats-Unis, pendant la guerre, à des recherches étendues sur les conditions dans lesquelles ce corps acquiert et conserve ses propriétés d'absorption et d'adsorption. M. N. K. Chaney[1] a récemment fait connaître les résultats de ces recherches, auxquelles M. A. B. Lamb a été également associé.

Il a été constaté que le carbone élémentaire (à l'exception du diamant et du graphite) se présente toujours sous l'une des deux formes *active* ou *inactive*.

La modification active est caractérisée par une capacité d'adsorption spécifique élevée pour les gaz; la forme inactive est dépourvue de toute propriété de ce genre. Les deux modifications se distinguent également par leur température de formation et leur susceptibilité à l'action chimique. La modification active se forme toutes les fois que du carbone se dépose à basse température, par des méthodes soit chimiques, soit thermiques, en général au-dessous de 600°; la modification inactive résulte de décompositions similaires effectuées à température plus élevée. La forme active est rapidement attaquée par les agents oxydants; elle s'oxyde même lentement à la température ordinaire.

Les hydrocarbures qui se décomposent au-dessus de 700° C. ne fournissent pas de carbone actif; l'acétylène, qui peut être soumis au «cracking» à 300° C., en donne. Dans le procédé ordinaire de distillation destructrice à température relativement basse, il se forme d'abord du carbone actif, qui, en vertu de sa capacité d'adsorption, fixe une certaine quantité d'hydrocarbures en contact avec lui et les « stabilise »; en les retenant dans des conditions de température et de pression où, dans d'autres circonstances, ils seraient rapidement éliminés. C'est ainsi qu'on a isolé, du charbon de bois de cèdre calciné à 850°, de petites quantités d'un hydrocarbure ressemblant à l'anthracène et bouillant à 360°; d'autre part, on peut obtenir des quantités notables d'hydrocarbures chlorés en faisant passer du chlore sur du charbon de noix de coco ou d'autres charbons analogues calcinés vers la même température.

M. Chaney est ainsi amené à distinguer le *carbone primaire*, complexe d'hydrocarbures adsorbés par une base de carbone actif, avec ou sans association d'hydrocarbures non adsorbés, et le *carbone secondaire*, qui est du carbone primaire partiellement ou complètement désintégré avec formation ou introduction de carbone inactif par décomposition à haute température de ces hydrocarbures.

D'après sa théorie, le carbone déposé à basse température et absolument exempt d'hydrocarbures est la

1. *Mem. Coll. Eng., Kyoto Imp. Univ.*, t. II, p. 83; 1919.

1. *Proc. of the 39 th gen. meeting of the Amer. Electrochem. Soc.*, 23-26 sept. 1919.

forme la plus pure de carbone actif, qui n'a pas besoin d'être activée. L'expérience a prouvé, en effet, qu'en préparant du carbone à 300° C., par décomposition de CO en $C + CO^2$ en présence d'oxyde ferrique comme catalysateur, on obtient une forme de carbone excessivement active.

Les recherches ont montré que l'anthracite est un carbone primaire naturel, car il est formé d'une base de carbone actif saturé par des hydrocarbures adsorbés. Le charbon bitumineux et le coke sont du même type.

Ces résultats ont permis de fabriquer aux Etats-Unis une grande quantité de formes de carbone actif, qui ont reçu les noms de dorsite (avec la noix de coco), bachite (avec l'anthracite), carbonite (avec le noir de fumée, le charbon pulvérisé, etc.). On a préparé également du « carbone allemand » en imprégnant du bois avec des sels métalliques, carbonisant et extrayant par un acide. Ce procédé ne donne qu'une faible quantité de carbone actif, mais laisse une masse percée d'un réseau capillaire excessivement fin.

Les essais faits avec cette dernière forme de carbone ont conduit M. Chaney à établir une distinction entre la « capacité capillaire » et la « capacité spécifique ». La première se caractérise par une grande capacité d'adsorption aux concentrations gazeuses élevées et par un équilibre rapide entre l'adsorbant et la phase gazeuse, dans les deux sens, le gaz étant éliminé aussi facilement qu'il est adsorbé, tandis que la capacité spécifique se caractérise par une adsorption considérable aux faibles concentrations gazeuzes et par un dégagement excessivement lent du gaz pendant le processus inverse.

Ces travaux, malgré le caractère encore très hypothétique de plusieurs des suggestions de l'auteur, ont permis toutefois de préparer, sur une grande échelle et à un prix minime, des formes actives du carbone qui sont aujourd'hui susceptibles, soit comme absorbants, soit comme catalystes, de nombreuses applications dans l'industrie.

§ 6. — Biologie

L'immunité acquise chez les Insectes. — On admet que les Invertébrés, comme les Vertébrés, peuvent être immunisés contre les infections microbiennes; mais aucune preuve décisive n'est venue confirmer cette hypothèse. Cantacuzène [1] a bien montré que les Crustacés marins peuvent élaborer des anticorps du type des agglutinines, mais ces anticorps ne jouent qu'un rôle secondaire dans l'immunité. M. A. Paillot, qui poursuit depuis plusieurs années d'intéressantes recherches sur les infections bactériennes chez les Insectes, vient de communiquer à la Réunion biologique de Lyon le premier cas d'immunité acquise humorale dans ce groupe [2].

Si l'on inocule les chenilles d'*Agrotis* (Vers gris) avec une émulsion de *Bacillus melolonthæ non liquefaciens*, provenant d'une culture sur gélose récente, on détermine une septicémie rapidement mortelle; il n'y a pas d'autre réaction qu'une légère phagocytose. Mais si l'on part d'une vieille culture, de 3 mois au moins, les chenilles résistent très bien à l'inoculation. Une nouvelle inoculation, faite 24 heures ou plusieurs jours après la première, avec une émulsion provenant d'une culture jeune, ne détermine plus de septicémie mortelle.

En examinant le sang à intervalles réguliers, on observe que, vers la 10e minute, un certain nombre de bacilles se transforment en granules, comme dans l'expérience de Pfeiffer; la transformation n'est pas générale d'emblée, mais s'étend progressivement à tous les bacilles libres; le terme de la réaction est la lyse totale des granules. Pendant que se poursuit la réaction humorale, les micronucléocytes — éléments que l'auteur considère comme les homologues des polynucléaires ou microphages du sang des Vertébrés supérieurs — englobent des microbes intacts et des granules; mais les microbes normaux, englobés, ne se transforment pas en granules dans le protoplasme, ce qui semblerait prouver que le ou les anticorps du sang ne proviennent pas directement des micronucléocytes. La réaction humorale est terminée vers la 5e heure. Une nouvelle inoculation peut être faite aussitôt après: la réaction se poursuit d'après le processus qui vient d'être décrit.

Si l'on compare le cas d'immunité acquise observé chez les Vers gris avec ceux que l'on observe chez les Vertébrés, on constate les plus grandes analogies. On peut remarquer, cependant, que, chez les Insectes, la production d'anticorps est plus rapide et plus intense que chez les Vertébrés.

§ 7. — Enseignement

Les Universités et le baccalauréat. — La question de savoir si le baccalauréat doit continuer à être délivré par les Universités ou si l'on doit simplement en faire un examen de fin d'études n'a pas cessé de faire couler beaucoup d'encre. Les deux solutions ont leurs avantages et leurs inconvénients. En ce temps de vie chère, il est bon de signaler un côté de la question qui a été jusqu'ici négligé : celui des dépenses qu'occasionne l'organisation actuelle des examens, tant à l'Etat qu'aux familles. Rappelons que les examens écrits ont lieu aux chefs-lieux de départements et les examens oraux aux chefs-lieux d'Académie. Les familles doivent donc, lors des examens oraux, assurer les frais de voyage et de séjour dans une ville généralement assez éloignée; elles y trouvent plus rarement qu'au chef-lieu de département des amis ou parents disposés à héberger leurs fils. L'Etat doit payer les mêmes frais pour les professeurs de lycée appelés à faire partie du jury.

Qu'on nous permette de suggérer une solution qui éviterait ces frais (absolument inutiles) et qui d'autre part, au point de vue pédagogique, présenterait à la fois les avantages de la solution actuelle et de celle qui lui a été longtemps opposée.

Pour assurer la sincérité et le contrôle des examens, continuons à confier à l'Université de chaque Académie le soin d'organiser les examens *écrits* selon le système actuel. Mais ceci fait, et les candidats notoirement insuffisants ayant été éliminés par les épreuves écrites, pourquoi n'éviterait-on pas des dépenses qui se chiffrent certainement à plusieurs millions chaque année *en laissant à chaque établissement secondaire* le soin de faire subir les *examens oraux* ? Si l'on veut empêcher certains établissements de se laisser aller à une trop grande indulgence, rien n'est d'ailleurs plus facile que de prendre des mesures appropriées. Par exemple, chaque établissement ne pourrait admettre définitivement qu'une proportion déterminée de ses candidats admis à subir les épreuves orales. Et, pour plus de précision, cette proportion pourrait varier avec chaque établissement d'après les notes de ses candidats au cours des épreuves écrites.

Il est entendu que la France doit profiter de l'expérience faite d'autres méthodes en Alsace-Lorraine, pour en retenir ce qui pourrait améliorer sa propre organisation sans être contraire à son génie propre. Dans les provinces annexées, le baccalauréat était, sous le nom d'*abitur*, un examen de fin d'études et on n'y a pas constaté des différences considérables entre les examens passés dans les différentes villes. En outre, les professeurs d'Université étaient tout entiers laissés à leurs recherches. Il n'est sans doute pas mauvais que l'enseignement supérieur ait comme en France la possibilité de réagir sur les méthodes de l'enseignement secondaire, à l'occasion du baccalauréat. La solution que nous proposons assure suffisamment cette influence, sans absorber par des examens oraux nécessairement hâtifs et superficiels, le temps qui pourrait être mieux utilisé par les professeurs des Universités. Enfin elle évite des dépenses entièrement inutiles et improductives.

M. Fréchet.
Professeur à l'Université de Strasbourg.

1. *C. r. Soc. Biol.*, t. LXXXII, p. 1087; 1919.
2. *Ibid.*, t. LXXXIII, p. 278; 1920.

LES BASES DE LA THÉORIE DE LA RELATIVITÉ

La Théorie de la relativité est née de l'Optique des corps en mouvement.

Pendant près de deux siècles, les physiciens cherchèrent à expliquer les phénomènes lumineux en partant des principes de la Mécanique. Leurs efforts furent vains, et toujours lointaine restait l'analogie entre les ondes de la lumière et les ondes propagées par les milieux matériels. Las de poursuivre de fugitives ressemblances, les physiciens ne s'inquiétèrent plus de l'explication mécanique, et, prenant pour point de départ les équations de propagation de l'Elasticité, ils cherchèrent à les modifier pour les adapter aux phénomènes optiques. La voie fut tracée par Maxwell, qui pressentit les relations profondes unissant l'électricité à la lumière. Il donna les célèbres équations qui portent son nom, et sur lesquelles devait s'édifier ce beau monument analytique qu'on nomme aujourd'hui la Théorie de la relativité. L'extrême fécondité de la méthode suivie montre qu'on avait enfin trouvé la bonne piste. Aussi bien, la Mécanique, dont on voulait faire la base de la Science du mouvement, se subordonne à la nouvelle Théorie et n'en constitue plus qu'une première approximation.

Nous nous proposons aujourd'hui de jeter un coup d'œil d'ensemble sur les bases de la Théorie de la relativité. A cet effet, nous nous appuierons sur des principes que l'on renie habituellement lorsqu'on aborde cette théorie. En particulier, nous conserverons leur sens absolu au temps et à la simultanéité, et nous admettrons que différents temps ne peuvent être simultanés[1].

I. — LA MÉCANIQUE NEWTONIENNE

La Science du mouvement a pour objet la comparaison des mouvements à un mouvement-type convenablement choisi.

Dans la Mécanique classique, on rapporte les positions de tous les corps à un système d'axes que l'on nomme, par définition, « axes absolument fixes », et qu'on obtient en imaginant qu'un trièdre trirectangle gigantesque Σ est invariablement lié aux étoiles appelées fixes.

Comme mouvement de comparaison, on a été naturellement conduit à prendre la rotation ρ de notre globe par rapport à Σ. Soit P (ξ, η, ζ) un point matériel rapporté à ce système. L'étude du mouvement de P revient alors à celle-ci : lorsque la Terre tourne d'un angle très petit $d\rho$, quels sont les accroissements concomitants $d\xi$, $d\eta$, $d\zeta$ des coordonnées du mobile? Cela nous amène à considérer les quotients différentiels :

$$(1) \qquad \frac{d\xi}{d\rho}, \quad \frac{d\eta}{d\rho}, \quad \frac{d\zeta}{d\rho};$$

s'ils sont constants, on dit que le mouvement est uniforme.

Il serait impossible de comparer chaque fois un déplacement à l'angle concomitant décrit par la Terre. C'est pourquoi on se sert d'instruments auxiliaires, les horloges et les montres, qui nous donnent le *temps* par un mouvement de comparaison. Le quotient différentiel $d\rho : dt$ est ce qu'on appelle la vitesse angulaire ω de la Terre; les quotients ci-dessus sont remplacés par les composantes de la *vitesse* du mobile :

$$(2) \qquad v_\xi = \frac{d\xi}{dt} = \frac{d\xi}{d\rho}\frac{d\rho}{dt}, \ldots$$

On s'arrange pour que t varie proportionnellement à ρ :

$$(3) \qquad t = \frac{\rho}{\omega},$$

et nous dirons que la Terre est l' « horloge-mère » des systèmes mécaniques; les horloges et les montres sont alors synchronisées sur l'horloge-mère.

Lorsque les vitesses dépendent de t, le mouvement n'est plus uniforme, et l'on doit considérer les dérivées secondes :

$$(4) \qquad \frac{d^2\xi}{dt^2}, \quad \frac{d^2\eta}{dt^2}, \quad \frac{d^2\zeta}{dt^2}$$

qui représentent l'*accélération* du point. L'expérience a montré que les dérivées d'ordres supérieurs n'interviennent pas; les équations du mouvement sont du second ordre.

On appelle système *galiléen*, tout système ayant un mouvement rectiligne et uniforme (qui peut être nul) par rapport à Σ. Admettons que ce soit le cas du système solaire. Nous pourrons lier au Soleil un trirectangle de référence dont les axes conservent des directions fixes dans Σ; ce sera un système galiléen. Pendant un temps court, nous pouvons supposer également que la translation de la Terre est uniforme, et appliquer à notre globe un système galiléen.

Pour fixer les idées, imaginons qu'un train large et très long parcourt une voie rectiligne avec une vitesse constante uniforme v. Lions un

1. Pour les détails, nous renvoyons à nos mémoires et notes parus dans les *Archives des Sciences physiques et naturelles* de Genève et dans la *Revue de Métaphysique et de Morale*.

trièdre S_1 à la voie, un trièdre S_2 au train, et admettons que les systèmes ainsi formés soient galiléens. Tout mobile, une pierre en mouvement par exemple, occupe à chaque instant un point déterminé P par rapport au système absolu Σ. Supposons qu'un premier observateur placé le long de la voie, et un second observateur entraîné avec le train repèrent la position de la pierre au même instant. Le premier lui attribuera la position $P_1(x_1, y_1, z_1)$ dans S_1 et l'autre la position $P_2(x_2, y_2, z_2)$ dans S_2; par hypothèse, P_1 et P_2 coïncident avec P; nous disons qu'ils coïncident dans l'Espace.

Soient :

$$(5) \quad \frac{d^2x_2}{dt^2} = f(t); \quad \frac{d^2y_2}{dt^2} = g(t); \quad \frac{d^2z_2}{dt^2} = h(t)$$

les accélérations du mobile rapportées au train. Pour avoir les accélérations relativement à la voie, il suffira de faire un changement de variables. Ici ce changement se présente sous la forme simple suivante :

$$(6) \quad x_2 = x_1 - vt; \quad y_2 = y_1; \quad z_2 = z_1,$$

d'où l'on tire :

$$(7) \quad \frac{d^2x_2}{dt^2} = \frac{d^2x_1}{dt^2}; \quad \frac{d^2y_2}{dt^2} = \frac{d^2y_1}{dt^2}; \quad \frac{d^2z_2}{dt^2} = \frac{d^2z_1}{dt^2},$$

de sorte que les équations aux accélérations ont la même forme dans les deux systèmes. On exprime cette propriété en disant que les mouvements mécaniques satisfont au *principe de relativité* pour tout système galiléen (Relativité *limitée*). Ainsi, quant aux accélérations, les deux systèmes S_1 et S_2 sont parfaitement équivalents ; ils sont indiscernables.

En langage mathématique, la propriété précédente signifie que les équations aux accélérations sont *covariantes* pour la substitution galiléenne (6), qui est *linéaire*.

Les théories modernes se sont emparées de ce fait mathématique et l'ont utilisé en vue de préciser la notion de relativité. Aujourd'hui, relativité et covariance sont synonymes.

La covariance joue un très grand rôle en Géométrie analytique. Ainsi, par exemple, la distance de deux points :

$$(x' - a')^2 + (y' - b')^2 + (z' - c')^2 = (x - a)^2 + (y - b)^2 + (z - c)^2,$$

la distance d'un point à une droite dans le plan :

$$\frac{a'x' + b'y' - d'}{\sqrt{a'^2 + b'^2}} = \frac{ax + by - d}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

sont des covariants; leur premier membre se transforme dans le second lorsqu'on remplace x', y', z' par les relations linéaires en x, y, z qui expriment le changement d'axes, et ce second membre reprend la même forme que le premier. De semblables substitutions linéaires ne sont pas arbitraires ; elles possèdent un ensemble de propriétés qu'on résume en disant qu'elles forment un *groupe;* cela correspond au fait qu'on peut passer d'un système à l'autre en utilisant un nombre quelconque de systèmes intermédiaires sans altérer le résultat final. Voici une remarque précieuse concernant ces substitutions : on voit sur les relations (6) qu'on les obtient résolues par rapport à l'un ou à l'autre des systèmes de variables en permutant les indices et en changeant le signe de la vitesse v.

Précisons ce qui précède en essayant d'imiter la relativité avec les phénomènes acoustiques. Supposons les systèmes S_1 et S_2 plongés dans l'air, et produisons à leurs origines, au moment où elles coïncident, un signal sonore bref. Pour le système-voie, immobile relativement à la masse d'air, les ondes sonores formeront une sphère de centre fixe et de rayon croissant proportionnellement au temps; nous l'écrirons :

$$(8) \quad x_1^2 + y_1^2 + z_1^2 - V^2 t^2 = 0,$$

en désignant par V la vitesse du son. Relativement au train, la propagation s'effectue selon la relation :

$$(9) \quad (x_2 + vt)^2 + y_2^2 + z_2^2 - V^2 t^2 = 0.$$

C'est la même sphère, disons-nous, mais dont le centre se déplace avec la vitesse $-v$. La relativité n'est pas satisfaite, puisqu'il n'y a pas covariance, autrement dit puisque le phénomène ne s'exprime pas par des équations de même forme dans les deux systèmes. Voyons s'il est possible d'introduire la covariance par un changement convenable de variables. Imaginons qu'il y ait, tout le long du train, des observateurs dont les montres sont réglées de façon à marquer le temps :

$$(10) \quad t_2 = \sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{V^2}\right)t^2 - 2x_2 \frac{v}{V^2} t}.$$

On voit alors que la propagation s'exprimera par la relation :

$$(11) \quad x_2^2 + y_2^2 + z_2^2 - V^2 t_2^2 = 0,$$

de même structure que (8).

Ce résultat appelle les remarques suivantes. En premier lieu, nous constatons que, pour obtenir une équation de la forme désirée, il faut une relation de plus : aux trois relations de la transformation galiléenne (6), on doit ajouter la relation (10); celle-ci porte sur le *temps* et exige qu'on mesure les durées avec des nombres différents, selon qu'on est sur S_1 ou sur S_2.

Remarquons qu'il n'y a à cela aucune difficulté de principe. Sur une montre, par exemple, on

peut compter les instants soit avec la grande, soit avec la petite aiguille, en repérant leurs positions à l'aide de la division du cadran en soixante parties. Pendant que la grande aiguille parcourt 60 divisions, la petite n'en parcourt que 5; les nombres 5 et 60 sont des *mesures différentes* d'une *même* durée : l'heure; et l'on peut écrire l'équation de transformation

$$(12) \qquad \Delta t = 12\,\Delta t';$$

Δt et $\Delta t'$ sont les mesures différentes d'un *même* intervalle de temps. Si l'on appelle « période » Θ la durée d'un tour complet, on a évidemment

$$(13) \qquad \Theta' = 12\,\Theta;$$

la période Θ de la grande aiguille étant d'une heure, la période Θ' de la petite est de 12 heures. On voit que les relations (12) et (13) sont inverses l'une de l'autre. Alors qu'il serait absurde d'exprimer Δt et $\Delta t'$ avec la même unité de temps, en minutes par exemple, les grandeurs Θ et Θ', par contre, représentent nécessairement des quantités différentes de la même unité, des heures dans l'exemple choisi.

Cela précisé, revenons à la sphère sonore, et considérons la montre qui se trouve à l'origine des coordonnées sur le train; $x_2 = 0$ et l'on a :

$$(14) \qquad \Delta t = \frac{\Delta t_2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{V^2}}} > \Delta t_2;$$

cette montre va plus lentement que les horloges de la voie; leurs périodes respectives satisfont à la relation :

$$(14') \qquad \Theta = \Theta_2 \sqrt{1 - \frac{v^2}{V^2}} < \Theta_2.$$

Avec un tel « chronométrage » du train, la vitesse du son aurait encore la valeur V pour les observateurs entraînés. Toutefois, notre imitation n'est pas parfaite : l'ensemble des relations (6) et (10) ne forme pas un *groupe*, et l'on ne peut obtenir la relation (10) résolue par rapport à t, simplement en transportant l'indice 2 dans le second membre et en remplaçant v par $-v$. Nous verrons que la Théorie de la relativité repose sur une substitution de 4 variables, satisfaisant justement à ces conditions. Cela exige que l'équation correspondant à (10) soit *linéaire*.

II. — LA THÉORIE DE LA RELATIVITÉ LIMITÉE

Le rapide coup d'œil que nous venons de jeter sur quelques-uns des principes de la Mécanique ne s'est heurté à aucune difficulté spéciale. Dans notre exposé, nous nous sommes servis d'expressions courantes dont le lecteur n'aura pas été surpris. Et cependant, nous avons omis une circonstance essentielle pour la connaissance complète de la Science du mouvement. Nous avons parlé du déplacement de deux systèmes; nous avons supposé qu'on repérait la position d'un mobile; nous avons dit qu'une vitesse était proportionnelle au rapport entre l'accroissement d'une élongation et l'accroissement concomitant de la rotation terrestre. Mais nous n'avons jamais dit comment il était possible d'attribuer un sens physique à toutes ces affirmations. De quelle façon les opérateurs s'y prendront-ils pour effectuer les repérages en question? Qu'est-ce qui nous autorise à dire que les accroissements dx, dy, dz, dt sont simultanés? Il est évident qu'on ne peut comparer des mouvements d'objets éloignés sans faire appel à un phénomène auxiliaire, et celui qui se présente naturellement, la lumière, fut aussi celui qu'utilisèrent les fondateurs de la Mécanique classique.

Cette science, en effet, est issue d'observations astronomiques, qui eussent été impossibles sans la visibilité. Mais, pour le mécanicien, la lumière n'est qu'un moyen, un simple agent de liaison, si l'on peut dire, entre l'objet en mouvement et la rétine de l'observateur; elle est un agent merveilleux, car sa vitesse est quasi infinie comparée aux vitesses des corps étudiés par la Mécanique. En général, on pourra donc négliger le temps de propagation et les phénomènes connus sous le nom d'*aberration*, qui nous font voir un mobile dans une direction différente de celle où il se trouvait au moment de l'émission des ondes lumineuses qui nous révèlent sa présence. On aperçoit déjà les grosses difficultés que rencontreront les physiciens lorsqu'ils voudront pénétrer dans le mécanisme intime des phénomènes optiques. L'étude, maintenant, ne portera plus sur des pierres ou des corps, objets inertes, simples exemples de points géométriques; elle va porter sur l'agent de liaison lui-même, la lumière, et malheureusement, nous n'avons pas à notre disposition un phénomène auxiliaire se propageant infiniment plus vite que les ondes lumineuses, et qui permettrait de repérer les positions de celles-ci dans l'espace comme la lumière nous permet d'y repérer les positions des corps célestes. Nous sommes aveugles, pourrait-on dire, quant aux phénomènes lumineux. Lorsque nos observateurs, entraînés avec les systèmes S_1 et S_2, braquent leurs lunettes sur la pierre pour en suivre la trajectoire, peu importe la face du mobile que chacun d'eux aperçoit, car ce qui les intéresse, c'est la pierre considérée comme un tout indépendant. Dans la théorie qui nous occupe, par contre, on décompose la pierre en ses parties ultimes; on

porte l'attention sur les rayons lumineux émis par chacune de ces parties, qu'on nomme *électrons ;* or, un électron n'est que le centre d'un groupe de champs de forces ; notre rétine et nos instruments ne peuvent enregistrer que les effets produits par ces champs à l'endroit même où ils sont placés ; les phénomènes d'aberration vont nous gêner, et nous ne pourrons plus les négliger, puisqu'ils font partie du phénomène étudié. Comment, dès lors, trouver la position *vraie* de l'électron ? Pour arracher à la lumière quelques-uns de ses secrets, il aura fallu les prodiges d'ingéniosité déployés par plusieurs générations de physiciens, dont les noms de Fresnel, Faraday, Fizeau, Maxwell, Hertz, Lorentz, Einstein marquent les principales époques.

Notre but, ici, n'est point de relater les péripéties de ce long voyage de conquête scientifique. Nous n'avons qu'à consigner dans leurs grandes lignes les résultats acquis. Nous allons essayer de le faire aussi simplement que possible.

Plaçons-nous dans l'espace, dans l'*éther* pur, si l'on veut, bien loin de toute masse matérielle, et produisons un signal lumineux ponctuel, très court. Comment la lumière émise va-t-elle se propager ? Si l'on veut prendre connaissance du phénomène, nous devons nécessairement amener des appareils dans son voisinage et introduire un *système de référence*. Pour le mathématicien, rien n'est plus simple : trois plans coordonnés, et le système est construit. Pour le physicien, c'est beaucoup plus délicat. Si un rayon lumineux, par exemple, pénètre dans un wagon par une fenêtre et en sort par une autre, nous ne pourrons déterminer son mouvement relativement au train sans agir sur lui et altérer le phénomène même qu'on cherche à étudier.

Aussi bien, c'est en réunissant et comparant un grand nombre de résultats expérimentaux, qu'on est parvenu à dégager les lois générales. Celles-ci peuvent se ramener à deux postulats fort simples :

1. Pour des systèmes de référence galiléens, au repos ou en mouvement uniforme relativement à la source, tout se passe comme si le signal lumineux produisait dans chacun d'eux une surface d'onde sphérique complètement entraînée ;

2. Quelles que soient les expériences faites dans un même système galiléen, et quelle que soit la vitesse de ce système par rapport à la source, tout se passe comme si la vitesse de la lumière avait une valeur invariable c_0 (Principe de la constance de la vitesse de la lumière).

Bien entendu, le nombre c_0 peut être quelconque ; choisir une valeur numérique revient à fixer une unité de temps ; on prend souvent c_0 égal à l'unité ; on pourrait aussi poser :

$$c_0 = 300.000 \frac{\text{km}}{\text{sec-lumière}}$$

et définir de la sorte la « seconde-lumière », distincte de la seconde terrestre.

Il importe de bien comprendre le sens physique du second principe énoncé. Reprenons nos systèmes S_1 et S_2, et mesurons la vitesse d'un rayon lumineux le long de la voie ; nous trouverons c_0, par définition. Quelle sera la vitesse de ce *même* rayon par rapport au système-train ? Evidemment différente de c_0 ; mais nous n'avons aucun moyen de déterminer cette vitesse expérimentalement ; car, si nous transportons nos appareils sur le train, ce que nous mesurerons, c'est la vitesse d'un *autre* rayon, et nous trouverons encore c_0, par définition. Il nous manque, on le voit, la notion claire de système physique de référence. Où finit le système-voie, où commence le système-train ? Pour l'instant, personne ne peut le dire ; nous devons passer sur cette difficulté et nous contenter des conséquences analytiques des deux principes admis.

Supposons que le signal bref éclate aux origines O_1 et O_2 des systèmes S_1 et S_2, à l'instant où ces origines coïncident. Il produira une sphère dans chacun de ceux-ci, et nous pourrons écrire leurs équations sous la forme :

$$(15) \qquad x_1^2 + y_1^2 + z_1^2 - u_1^2 = x_2^2 + y_2^2 + z_2^2 - u_2^2 = 0,$$

u_1 et u_2 désignant les rayons au même instant. Si nous voulons passer d'un système à l'autre en tenant compte des phénomènes lumineux, nous voyons que la transformation galiléenne (6) ne le permettra pas. Par analogie, nous chercherons une substitution *linéaire* qui transforme l'une des sphères dans l'autre ; cette substitution devra porter non seulement sur les coordonnées x, y, z, mais encore sur les variables u. En remplaçant dans le premier membre de (15) chacune des variables $x_1, \ldots, u_1$ par des fonctions linéaires de $x_2, \ldots, u_2$, et en identifiant avec le second, on peut déterminer facilement les coefficients de la substitution. On parvient alors à une transformation remarquable, découverte par M. Lorentz.

En tenant compte de l'orientation particulière des systèmes S_1 et S_2, cette transformation s'écrit :

$$(16) \qquad x_1 = \beta(x_2 + \alpha u_2) ; \; y_1 = y_2 ; \; z_1 = z_2 ; \; u_1 = \beta(u_2 + \alpha x_2),$$

où α et $\beta^2 = 1 : (1 - \alpha^2)$ sont des constantes caractérisant le mouvement relatif des systèmes.

comme nous le verrons tout à l'heure. Remarquons que l'on obtient les relations résolues par rapport à $x_2, \ldots, u_2$ en permutant les indices et en changeant le signe de α ; α doit donc être lié à la vitesse relative v.

Le second principe va nous fournir des horloges et nous permettre de mesurer le temps. Il est naturel, en effet, de choisir les rayons lumineux comme *horloges-mères*, puisque ceux-ci se propagent avec une vitesse invariable et uniforme dans tout système galiléen. Chaque système aura donc son horloge-mère, et les composantes d'une vitesse seront, par convention, proportionnelles aux quotients :

$$(17) \qquad \frac{dx}{du}; \quad \frac{dy}{du}; \quad \frac{dz}{du}.$$

En divisant les variables u_1 et u_2 par la constante c_0, on obtient des paramètres τ_1 et τ_2, homogènes à un temps, et qu'on peut utiliser pour mesurer les durées dans les systèmes.

Cela posé, voyons comment on se sert de la transformation (16). De même que la substitution (6) s'applique à tous les mouvements repérés dans les systèmes S_1 et S_2, et n'est pas liée plus particulièrement aux covariants (7) dont on peut la déduire, de même la substitution (16) est tout à fait générale ; et non seulement elle ne se limite pas au phénomène optique représenté par (15), mais elle doit rendre covariante toute loi physique. Comme la substitution galiléenne, la transformation de Lorentz comporte 4 variables indépendantes, que nous pourrons choisir à notre gré. Les variables u représenteront toujours des chemins parcourus par un rayon lumineux ; en prenant leurs dérivées par rapport au temps :

$$(18) \qquad \frac{du_1}{dt} = c_1, \quad \frac{du_2}{dt} = c_2,$$

nous introduirons les vitesses de propagation des ondes, et nous devrons poser soit c_1, soit c_2 égal à c_0, selon le phénomène à calculer. Nous supposerons que les horloges sur lesquelles on lit le temps t donnent c_0 pour la vitesse de la lumière dans un système galiléen quelconque. Si l'on intègre les équations précédentes en admettant que c_1 et c_2 ne dépendent pas de t, nous obtiendrons pour u_1 et u_2 deux expressions linéaires en t, que l'on peut, vu la symétrie et l'équivalence des systèmes, mettre sous la forme suivante :

$$u_1 = c_0\tau_1 = c_0 t + \frac{\beta - 1}{\alpha\beta} x_2 = \frac{c_0}{\beta} t + \frac{\beta - 1}{\alpha\beta} x_1,$$

$$u_2 = c_0\tau_2 = \frac{c_0}{\beta} t - \frac{\beta - 1}{\alpha\beta} x_2 = c_0 t - \frac{\beta - 1}{\alpha\beta} x_1.$$

En remplaçant u_2 par l'une ou l'autre de ces dernières expressions dans la première relation (16) on obtient simplement :

$$(19) \qquad \underline{x_1 = x_2 + vt}, \quad \text{où} \quad v = \alpha c_0,$$

soit une relation identique à la substitution galiléenne. Nous en concluons que *les deux systèmes se meuvent l'un pour l'autre comme des touts rigides ordinaires de vitesse relative* v. Remarquons que, si v est très petit comparé à c_0, β est voisin de l'unité, et la transformation de Lorentz diffère peu de la substitution galiléenne.

Cherchons ce qui distingue ce mouvement de ceux qu'étudie la Cinématique classique. A cet effet, envisageons trois systèmes, c'est-à-dire formons la nouvelle règle de composition des vitesses.

Nous procéderons comme on le fait en Mécanique, soit de la façon suivante :

Prenons le cas simple de trois systèmes S_1, S_2 S_3, animés de translations parallèles ; en dérivant par rapport à t les relations (6), on obtient zéro pour les deux dernières ; quant à la première, elle donne :

$$(20) \qquad V_{13} = V_{12} + V_{23}$$

où $$\frac{dx_1}{dt} = V_{13}; \frac{dx_2}{dt} = V_{23}; v = V_{12},$$

relation qui n'est autre qu'un cas particulier de la règle du parallélogramme. Semblablement, dérivons la transformation de Lorentz par rapport à t, et divisons la première relation par la dernière ; nous obtiendrons bien les vitesses puisque celles-ci doivent être ramenées à l'horloge-mère de leur système respectif, c'est-à-dire avoir la forme (17), à un facteur constant près. Si nous posons :

$$\frac{dx_1}{dt} : \frac{du_1}{dt} = v_{13}; \frac{dx_2}{dt} : \frac{du_2}{dt} = v_{23}; \alpha = v_{12}, c_0 = 1,$$

nous obtiendrons :

$$(21) \qquad v_{13} = \frac{v_{12} + v_{23}}{1 + v_{12} v_{23}}.$$

C'est la règle d'addition des vitesses dans le cas particulier envisagé. La figure ci-contre montre, en perspective, l'aspect offert par les systèmes. Alors que la règle (20) donne une figure unique pour tout instant t, à la règle (21) correspondent trois figures, selon qu'on suppose l'observateur sur S_1, sur S_2 ou sur S_3. Comme il est impossible qu'un même système soit à la fois en deux endroits

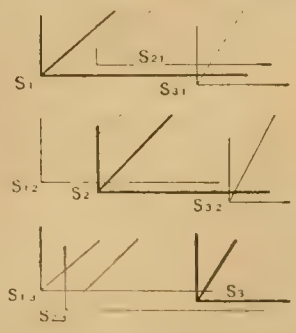


Fig. 1.

différents, l'observateur qui est sur S_1, par exemple, ne voit pas S_2 et S_3 dans leurs positions vraies, mais dans des positions *apparentes* $S_{2,1}$ et $S_{3,1}$. Si l'on se place sur S_2, S_1 et S_3 prennent les positions *apparentes* $S_{1,2}$ et $S_{3,2}$, etc.

Remarquons d'ailleurs que, si les vitesses sont faibles comparées à celle de la lumière, les v_{ik} sont voisins de zéro, et l'on peut négliger le produit $v_{12}v_{23}$ devant l'unité; la relation (21) devient identique à (20).

Pris deux à deux, les systèmes se meuvent comme des touts rigides indéformés, et l'on peut représenter leur mouvement par les relations :

$$X_{1,2} = X_{2,1} + v_{12}t;\ X_{2,3} = X_{3,2} + v_{23}t;$$
$$X_{1,3} = X_{3,1} + v_{13}t.$$

Nous résumerons toutes ces propriétés remarquables en disant que *la Théorie de la relativité limitée exprime, physiquement, des mouvements avec aberration.*

Ces résultats offrent un grand intérêt pour le mathématicien, car ils lui font connaître une nouvelle opération spatiale, l'« aberration », qui vient s'ajouter aux opérations connues : la translation, la rotation et la déformation. L'« aberration » est la représentation dans l'espace d'un algorithme nouveau, qu'on peut appeler « dérivées homogènes ». La transformation de Lorentz porte, en effet, sur 4 variables x, y, z, u, et comme nous sommes dans un espace à trois dimensions, on pourrait se croire en présence de coordonnées homogènes. Mais l'homographie qui en résulte n'offrirait que peu d'intérêt pour nous. Si, par contre, on dérive d'abord la transformation relativement au temps, puis qu'ensuite seulement on forme les quotients — ainsi que nous l'avons fait, — on obtient une relation entre des « vitesses homogènes », qui exprime la règle d'addition : l'homographie n'a pas lieu pour les coordonnées ; elle a lieu pour les vitesses.

En exprimant que le système S_3 se compose d'un train d'ondes planes faisant respectivement les angles φ_1 et φ_2 avec les axes O_1x_1 et O_2x_2, on trouve l'expression de l'aberration astronomique. Commençons par chercher les relations du phénomène de Doppler-Fizeau. Posons :

$$\Delta x_1 = c_0\Delta\tau_1 \cos\varphi_1,\ \Delta x_2 = c_0\Delta\tau_2 \cos\varphi_2,$$

et portons cette dernière valeur dans la quatrième relation (16); on obtient :

$$(22)\qquad \Delta\tau_1 = \Delta\tau_2\beta(1 + \alpha\cos\varphi_2),$$

où $\Delta\tau_1$ et $\Delta\tau_2$ sont des expressions numériques différentes de la même durée. En permutant les indices et changeant le signe de α, on obtiendrait la relation résolue par rapport à $\Delta\tau_2$, de sorte que si l'on passe aux périodes, — ou à leurs inverses les fréquences N_1 et N_2, — comme nous avons passé de (12) à (13), on peut écrire les deux relations :

$$(22')\quad N_1 = N_2\beta(1 + \alpha\cos\varphi_2);\ N_2 = N_1\beta(1 - \alpha\cos\varphi_1),$$

qui permettent de calculer l'effet Doppler-Fizeau. Plaçons sur S_2 une source lumineuse émettant la raie D et braquons un spectroscope perpendiculairement à O_1x_1. Il faut poser

$$\varphi_1 = \frac{\pi}{2},\ \cos\varphi_1 = 0,\ N_2 = N_D;\ \text{d'où :}$$
$$(23)\qquad N_1 = N_D\sqrt{1-\alpha^2}.$$

Ainsi, une source qui passe devant un observateur paraît plus rouge qu'une source identique au repos par rapport à lui. Les rayons émis font avec O_2x_2 un angle φ_2 dont le cosinus est $-\alpha$; leur vitesse c_0 dans S_2 est c_1 rapportée à S_1, on trouve sa valeur en dérivant (22) par rapport à t après avoir multiplié cette relation par c_0; il vient simplement :

$$(24)\qquad c_1 = c_0\sqrt{1-\alpha^2} = \sqrt{c_0^2 - v^2}.$$

En divisant (23) par (24), on obtient une relation entre les fréquences et les vitesses correspondantes de la lumière. On a, d'une façon générale :

$$\frac{N_1}{c_1} = \frac{N_2}{c_2}.$$

Des deux relations (22'), on tire :

$$(25)\qquad \cos\varphi_1 = \frac{\alpha + \cos\varphi_2}{1 + \alpha\cos\varphi_2},$$

équation qui exprime l'aberration astronomique et qu'on peut déduire de (21), comme nous le disions.

Supposons qu'un tube S_1 soit parcouru par un courant d'eau S_2, dans lequel se propage un faisceau lumineux S_3. Nous poserons, en appelant n l'indice de réfraction de l'eau :

$$v_{23} = \frac{1}{n};\ c_0 = 1,$$

et la relation (21) donne :

$$v_{13} = \frac{v_{12} + \frac{1}{n}}{1 + \frac{v_{12}}{n}} = \frac{1}{n} + v_{12}\left(1 - \frac{1}{n^2}\right);$$

l'on tombe immédiatement sur le coefficient d'entraînement partiel de Fresnel.

Quant à la célèbre expérience de Michelson et Morley, elle s'explique par le principe même de la constance de la vitesse de la lumière. Il en résulte, en effet, que quelles que soient les observations faites à la surface de la Terre avec des

rayons lumineux, on ne pourra jamais déceler une influence du mouvement terrestre sur ces rayons.

Ceci nous amène à parler de la « contraction » de Lorentz, dont la vraie signification a été si difficile à trouver. Plaçons une règle de longueur d sur le train. Quelle est sa longueur pour des observateurs situés le long de la voie? Evidemment la même, puisque les systèmes ne sont pas déformés par le mouvement, ainsi que nous l'apprend la relation (19). Mais rien ne s'oppose à ce que nous changions d'instruments de mesure en changeant de système, de sorte que nous trouvions des nombres différents quant à la même longueur. Or, c'est justement ce que l'on fait en utilisant les paramètres τ_1 et τ_2 au lieu de t pour marquer le temps. La transformation de Lorentz nous fournit la relation :

$$\Delta x_2 = \beta(\Delta x_1 - \alpha c_0 \Delta\tau_1);$$

le segment Δx_2 a la longueur d par hypothèse ; en outre, ses deux extrémités étant envisagées simultanément depuis S_1, il faut poser $\Delta\tau_1 = 0$. On trouve

$$\Delta x_1 = d\sqrt{1-\alpha^2}$$

comme valeur numérique de la longueur de la règle. Elle est inférieure à d; il faut donc que l'unité employée sur S_1 soit plus grande dans le rapport inverse. Poincaré a fait remarquer le premier que cela revenait à mesurer la longueur non plus avec des mètres, mais à l'aide d'un *même* rayon lumineux. En effet, dérivons la dernière équation (16) relativement à t; on obtient :

$$c_1 = \beta(c_2 + \alpha x'_2),$$

et, puisque la règle est immobile sur le train, x'_2 est nul; en outre, pour les observateurs de la voie, $c_1 = c_0$; on a donc :

$$c_2 = c_0\sqrt{1-\alpha^2}.$$

Mesurer la règle sur la voie par le temps de parcours d'un rayon lumineux revient à multiplier sa longueur en mètres d par $c_0 : c_0 = 1$; la mesurer sur le train avec le *même* rayon revient à multiplier sa longueur par $c_2 : c_0$, soit par

$$\sqrt{1-\alpha^2}.$$

Jusqu'à présent, nous n'avons considéré que la partie purement cinématique de la Théorie. Pour aborder la partie *dynamique*, il faut introduire les forces, les masses et les accélérations. La place nous manque pour développer les calculs. Nous nous contenterons d'enregistrer les principaux résultats.

Nous avons vu que, lorsque v tend vers zéro, la transformation de Lorentz tend vers la substitution galiléenne, de sorte qu'à la limite, on admettra que la Mécanique classique est valable, et que la relation *masse* $\times$ *accélération* = *force* peut être appliquée. Considérons un point matériel, qui, au repos, possède la masse m_0. Si ce point est animé de la vitesse v par rapport à un système galiléen S_1, il existera toujours, à chaque instant, un système galiléen S_2 momentanément immobile ralativement au point, et tel par suite que la relation de Newton soit valable. L'application de la transformation de Lorentz permettra de passer de S_2 à S_1, c'est-à-dire de trouver le mouvement rapporté à ce dernier système. Le résultat du calcul montre qu'il faut distinguer entre la masse *transversale* et la masse *longitudinale* du point. L'une et l'autre de ces masses tendent vers l'infini lorsque la vitesse du mobile s'approche de la vitesse de la lumière. Cette vitesse constituerait donc une limite inaccessible à la matière; la lumière ne posséderait pas de « masse au repos » m_0 ; en outre, elle acquerrait instantanément sa vitesse c_0 sans passer par les accélérations.

Quant à l'énergie cinétique du point, elle se présente sous la forme :

$$\frac{mc_0^2}{\sqrt{1-\alpha^2}} = mc_0^2 + m\frac{v^2}{2} + \frac{3}{8}m\frac{v^4}{c_0^2} + \cdots$$

On voit que, si v est faible, l'énergie est donnée par le second terme, et se confond avec l'énergie cinétique newtonienne. Pour trouver la signification du premier terme, examinons de plus près les lois que suit l'énergie rayonnante dans la Théorie.

On vérifie facilement que les équations du champ électromagnétique de Maxwell-Lorentz sont des covariants de la transformation de Lorentz. Cela posé, imaginons qu'un corps immobile sur S_2 absorbe la quantité E_0 d'énergie rayonnante; relativement à S_1, l'application de la transformation montre que cette énergie prend la forme $E_0 : \sqrt{1-\alpha^2}$; de sorte que l'énergie totale du corps devient :

$$\frac{mc_0^2 + E_0}{\sqrt{1-\alpha^2}} = \frac{\left(m + \frac{E}{c_0^2}\right)c_0^2}{\sqrt{1-\alpha^2}}.$$

Il a donc même énergie qu'un corps animé de la vitesse v et de masse $\left(m + \frac{E}{c_0^2}\right)$. L'énergie et la masse se confondent, et l'on voit que mc_0^2 représente l'énergie du corps avant l'absorption de la quantité E_0. Le principe de la conservation de la masse et celui de la conservation de l'énergie n'en forment plus qu'un seul.

Ces conclusions semblent en opposition avec les conséquences déduites du fait que la vitesse c_0 est inaccessible à la matière. Pour voir ce qu'il en est, abordons une question fondamentale : celle des vitesses *vraies*. Les vitesses constatées, avons-nous dit, satisfont à la relation (21) et ne sont que des vitesses apparentes. Quelles sont les vitesses réelles? Dans toute cinématique, les vitesses se composent toujours suivant une figure *fermée*. Ainsi, dans l'équation (20), les extrémités du vecteur V_{13} coïncident avec les extrémités de la somme $V_{12} + V_{23}$.

On voit, sur la relation (21), qu'il n'en est pas ainsi des vecteurs v_{13} et $v_{12} + v_{23}$: la composition conduit à une figure *ouverte*. Si donc on veut trouver les vitesses vraies, il faut déterminer les fonctions Ω_{ik} (v^{ik}) des vitesses apparentes v_{ik} qui conduisent à une figure fermée, c'est-à-dire s'additionnent *linéairement*. Il est très remarquable que la réponse à cette question soit immédiate : il suffit de jeter un coup d'œil sur (21) pour voir qu'en prenant les arguments Ω_{ik} dont les tangentes hyperboliques ont v_{ik} pour valeur, nous pouvons écrire la relation :

$$\Omega_{13} = \Omega_{12} + \Omega_{23},$$

qui a bien la forme voulue. Ainsi, *les trajectoires vraies seraient des géodésiques de surfaces à courbure constante négative*. Ce résultat est général et ne vaut pas seulement pour les mouvements particuliers d'où nous le déduisons. Demandons-nous maintenant quelle est la vitesse vraie de la lumière. Celle-ci correspond à la valeur $v_{ik} = 1$; elle est donc infinie. Afin de donner un sens raisonnable à cette conséquence, il est naturel d'admettre que la limite *n'est pas* atteinte. En ce faisant, nous chassons l'opposition signalée plus haut. Imaginons qu'un rayon s'élance d'une source lumineuse; son énergie aurait la tendance à cheminer aussi vite que possible; mais, par suite même de son mouvement, elle se « matérialiserait »; cela l'obligerait à ralentir son élan et à acquérir une vitesse de *régime*, légèrement inférieure à la limite c_0, dont l'argument est infini. *L'énergie apparaîtrait donc toujours sous une forme matérielle*. Avec cette image, le principe de la constance de la vitesse de la lumière recevrait une ébauche d'explication. On pourrait enfin se demander si ce régime est continu. Avec les tendances modernes, nous serions plutôt portés à croire qu'il se compose en réalité d'un très grand nombre de processus élémentaires. Y trouverait-on l'origine des mystérieux *quanta*?

III. — La Théorie de la Relativité générale

La « Relativité », ou mieux sa forme analytique la « Covariance », constitue, on le voit, une méthode très féconde. Connaît-on un phénomène, la réflexion de la lumière sur un miroir, par exemple? Appliquons la transformation de Lorentz, et nous aurons les lois de la réflexion sur un miroir en mouvement uniforme.

Pourquoi se limiterait-on aux translations à vitesse constante? Supposons que le système-train S_2 soit animé d'une translation accélérée par rapport au système-voie S_1. Nous ne pourrons plus passer de l'un à l'autre à l'aide de la substitution galiléenne, ni de la transformation de Lorentz, et dans les deux cas pour la même raison : ces substitutions sont *linéaires*. Si donc on veut étendre la covariance aux mouvements variés, il faut chercher à former tous les systèmes de coordonnées tels que les lois de la Physique conservent la même forme, — soient covariantes, — lorsqu'on passe de l'un à l'autre à l'aide de n'importe quelle substitution.

En outre, on peut espérer connaître de cette manière l'influence de la gravitation sur les phénomènes. Il suffit pour cela d'admettre avec Einstein le *principe de l'équivalence de l'accélération et de la gravitation*. Un corps est-il soumis au champ terrestre, par exemple? Laissons-le tomber librement, et les effets du champ disparaissent. Réciproquement, communiquons à un corps une accélération, et nous produisons le même résultat que si nous faisions agir sur lui un champ gravifique.

En un mot, former l'ensemble de toutes les substitutions qui conservent aux équations du phénomène les mêmes expressions analytiques, c'est obtenir tous les mouvements et tous les champs de gravitation imaginables.

Le problème posé de la sorte devient purement mathématique, et fort heureusement, car on doit avouer que les raisons physiques invoquées pour le justifier sont encore bien obscures. La notion même de relativité perd sa signification vulgaire, et il est préférable de lui substituer la *covariance*, soigneusement définie par les mathématiciens. La Théorie présente, par là même, un certain avantage : formant une construction essentiellement logique, il suffirait qu'une de ses conséquences se révélât nettement contraire à l'expérience, pour que la Théorie entière et ses principes fondamentaux soient à rejeter.

Voyons maintenant comment s'introduit cette covariance générale. Nous partagerons la question en deux parties distinctes.

1° La première est essentiellement *formelle*. On choisit un phénomène quelconque, dont on connaisse l'expression analytique dans un système de référence; puis, on cherche tous les systèmes de coordonnées, en général curvilignes, qui conservent au phénomène la *même* expression analytique; on admet que chaque système exprime l'effet d'un champ de gravitation ou d'un état de mouvement correspondant. On comprend dès lors le mot pittoresque par lequel Einstein désigne ces systèmes : il les nomme « mollusques » de référence. Ne viennent-ils pas, en effet, s'accrocher aux phénomènes, tels des moules qui s'agrippent aux rocs?

Comme phénomène, il est naturel de prendre les *sphères lumineuses*, dont nous avons déduit la transformation de Lorentz et la théorie limitée. Chacune d'elles définit un système de référence ordinaire, dans un espace isotrope, sans champ gravifique. Envisageons donc les équations (15) et voyons comment nous pouvons les utiliser. Il est évident qu'elles restent des covariants de la transformation de Lorentz, même si nous ne les égalons pas à zéro. Nous supposerons les sphères lumineuses infiniment petites. Pour mettre en évidence la signification mathématique de leurs équations, nous substituerons aux lettres x, y, z, u les variables X_1, X_2, X_3, iX_4, $(i = \sqrt{-1})$, de sorte qu'on peut poser pour le premier membre de l'équation d'une sphère élémentaire :

$$(26) \qquad ds^2 = dX_1^2 + dX_2^2 + dX_3^2 + dX_4^2,$$

et l'on voit que ds n'est pas autre chose que l'élément de ligne dans un espace *fictif* à quatre dimensions. Le problème consiste alors à former tous les systèmes de coordonnées possibles, en général curvilignes, qui laissent inaltéré cet élément linéaire, c'est-à-dire pour lesquels la sphère lumineuse élémentaire reste une sphère. En coordonnées curvilignes, cet élément aura la forme :

$$(27) \qquad \begin{aligned} ds^2 = g_{11}^2\, dx_1^2 + g_{22}^2\, dx_2^2 + \cdots \\ + 2g_{12}\, dx_1\, dx_2 + \cdots + g_{41}. \end{aligned}$$

Les quantités g sont des fonctions des x, caractéristiques du champ de gravitation considéré. Les équations du mouvement s'obtiennent, comme en Mécanique, lorsqu'on introduit les coordonnées généralisées c'est-à-dire en déterminant les géodésiques de l'espace fictif à quatre dimensions qui rendent minimum l'intégrale $\int ds$. Quant aux calculs, nous renvoyons le lecteur à l'excellent exposé que M. Léon Bloch a fait ici même (n° 23, du 15 décembre 1917, p. 662). Nous nous attacherons plus particulièrement à donner une interprétation physique aux résultats obtenus.

Observons d'abord que les dX ne sont pas, en général, des différentielles exactes des nouvelles variables x. On lève aisément l'indétermination qui en résulte en remarquant qu'il s'agit ici non de correspondances spatiales, mais de correspondances, entre mouvements. En divisant les formes quadratiques ci-dessus par dt^2, on introduit explicitement les vitesses et l'on donne un sens aux substitutions qui permettent de passer de l'une à l'autre forme. Mais alors quelle signification convient-il d'attribuer aux coordonnées X et x? C'est ce qui nous reste à voir.

2° A cet effet, nous devons faire remarquer que la covariance sur laquelle repose toute la Théorie est purement *formelle;* elle découle de notre premier postulat; le second postulat ne la laisse pas subsister *numériquement*. Pour comprendre ce point essentiel, envisageons tous les systèmes galiléens possibles : $S_1, S_2, S_3, \ldots$ Des équations des sphères lumineuses élémentaires, nous pouvons déduire les relations suivantes, covariants de la transformation de Lorentz :

$$\begin{aligned} du_1^2 - dx_1^2 - dy_1^2 - dz_1^2 \\ = du_2^2 - dx_2^2 - dy_2^2 - dz_2^2 = \ldots, \end{aligned}$$

ou, en introduisant l'élément de ligne à 3 dimensions $d\sigma$ et en posant $d\sigma_1 = 0$:

$$du_1^2 = du_2^2 - d\sigma_2^2 = du_3^2 - d\sigma_3^2 = \ldots$$

Un mathématicien n'hésitera pas à dire que l'élément du_1 est un invariant; les égalités précédentes représentent, en effet, tous les triangles rectangles ayant du_1 pour cathète commune. Divisons ces expressions par dt^2; on obtient en remplaçant $du : dt$ par c et $d\sigma : dt$ par v :

$$(28) \qquad c_1^2 = c_2^2 - v_2^2 = c_3^2 - v_3^2 = \ldots;$$

mathématiquement c_1 est aussi un invariant et représente la cathète commune à tous les triangles (c, v).

Cela dit, introduisons le principe de la constance de la vitesse de la lumière. On constate immédiatement qu'il n'est compatible avec l'invariance que si seul c_1 avait la valeur numérique invariable c_0; ce n'est évidemment pas le cas. Reportons-nous par exemple à la relation (24); nous voyons que c_2 et non c_1 est égal à c_0; si la source était sur S_3, il faudrait poser $c_3 = c_0$, etc.

Nous allons profiter de cette circonstance pour donner à la Théorie générale, par analogie, une signification physique simple. Les équations (26) et (27) représentent mathématiquement, avons-nous dit, le *même* élément de ligne, — la *même* sphère lumineuse élémentaire, — par rapport à des axes différents. Or, rien ne s'oppose à ce que nous admettions le postulat suivant :

Dans tout champ de gravitation, ou pour tout état de mouvement équivalent, l'onde lumineuse élémentaire n'est plus une sphère, mais une quadrique. Cela revient à dire, analytiquement, que les formes (26) et (27), égalées à zéro, ne représentent plus une sphère, mais une quadrique élémentaire.

Précisons sur un exemple. Soit un système trirectangle O (X,Y,Z) dans un espace sans gravitation (système galiléen). En chaque point, un signal lumineux ponctuel donne naissance à une onde sphérique élémentaire dont l'équation a pour premier membre la forme quadratique :

$$(29) \qquad dU^2 - dX^2 - dY^2 - dZ^2.$$

Introduisons à l'origine O un point matériel de masse M. Il produit un champ de gravitation symétrique autour de O, et s'étendant jusqu'à l'infini, où il est nul. Einstein indique la forme quadratique :

$$(30) \qquad \left(1-\frac{a}{r}\right)du^2 - \left(1+a\frac{x^2}{r^3}\right)dx^2 - \cdots - \frac{2a}{r^3}\left(xydxdy + \cdots\right)$$

avec

$$r^2 = x^2 + y^2 + z^2 \qquad \text{et} \qquad a = 14{,}88.10^{-29}\,\text{M}.$$

Que signifient les variables x, y, z? D'après Einstein, elles représentent des coordonnées curvilignes pour lesquelles l'élément de ligne $d\sigma$ est donné par (30), où le terme en du^2 serait supprimé. Quant à nous, nous les considérerons comme les coordonnées d'un système cartésien ordinaire O(x, y, z), et nous dirons que l'onde élémentaire en chaque point (x, y, z) est l'*ellipsoïde* qu'on obtient en égalant à zéro la forme (30). Le système O(X,Y,Z) s'est évanoui. Il n'existe en effet aucune substitution qui permette d'établir une correspondance entre un point (X,Y,Z) du milieu primitif et un point (x, y, z) du milieu soumis à l'action de la masse M. Cette simple remarque montre qu'il ne saurait être question ici de « déformation de l'espace » par la gravitation, car le mot même de déformation implique la comparaison du déformé à l'indéformé. En revanche, si l'on divise (29) et (30) par dt^2, on pourra définir des substitutions de façon qu'en chaque point (x, y, z) les formes (29) et (30) — qui portent maintenant sur les vitesses — se transforment l'une dans l'autre. C'est ce fait qu'Einstein exprime en disant qu'en tout point, il existe un système « local » galiléen, c'est-à-dire tel que l'onde élémentaire apparaisse sphérique.

Afin d'étudier le champ en un point, nous nous placerons sur l'axe des x, au point P($x=r$,0,0). Posons :

$$du = c_0 dt;\ \frac{dx}{dt} = c_x;\ \frac{dy}{dt} = c;\ \frac{dz}{dt} = c_z,$$

et la quadrique, obtenue en égalant à zéro la forme (30), s'écrit simplement :

$$\frac{c_x^2}{c_0^2\left(\dfrac{1-\frac{a}{r}}{1+\frac{a}{r}}\right)} + \frac{c_y^2}{c_0^2\left(1-\frac{a}{r}\right)} + \frac{c^2}{c_0^2\left(1-\frac{a}{r}\right)} = 1.$$

C'est l'ellipsoïde des vitesses de la lumière autour du point P ; c_x, c_y, c_z sont les vitesses dans les directions principales ; elles sont inférieures à c_0 ; il en résulte une courbure des rayons lumineux qui passent près de la masse M. Cette conséquence a été brillamment vérifiée lors de l'éclipse de Soleil du 29 mai 1919.

Dans le cas général, les formes (29) et (30) ne sont pas nulles ; mais elles restent toujours égales entre elles.

Si l'on envisageait un point mobile, sa vitesse aurait comme composantes :

$$\frac{dx}{dt} = v_x;\ \frac{dy}{dt} = v_y;\ \frac{dz}{dt} = v_z.$$

Le calcul montre qu'il faut les « réduire » à l'horloge-mère pour obtenir les équations du mouvement, c'est-à-dire former les quotients :

$$\frac{v_x}{c_0},\ \frac{v_y}{c_0},\ \frac{v_z}{c_0};$$

on retrouve les *vitesses homogènes*.

Les théorèmes généraux de la nouvelle Mécanique rappellent souvent par leur forme ceux de la Mécanique classique. Ainsi le théorème des aires s'écrit simplement :

$$x\frac{dy}{dt} - y\frac{dx}{dt} = kc_0, \ldots$$

où k est une constante. On voit qu'il diffère de l'expression habituelle par la présence de l'horloge-mère c_0.

Si la masse M est celle du Soleil et le point mobile la planète Mercure, la trajectoire est une ellipse dont le périhélie se déplace de 43″ par siècle ; c'est exactement le nombre observé par Le Verrier[1].

1. C'est à dessein que nous ne parlons pas de la troisième conséquence que M. Einstein déduit de la Théorie, à savoir le déplacement des raies solaires. Le calcul de M. Einstein est, en effet, incompatible avec les notions de temps et d'espace admises ici. En outre, on sait que l'observation n'a pas révélé un déplacement de la grandeur prévue (voir *Bulletin*

Ces admirables résultats sont dus principalement au savant physicien suisse Albert Einstein.

En conclusion, nous voyons que l'ancienne Mécanique prenait le corps dit solide comme étalon d'espace, et la rotation terrestre comme étalon de temps. La nouvelle Théorie, par contre, puise les deux étalons dans le même phénomène : la propagation de l'énergie rayonnante dans le vide.

Edouard Guillaume,
Docteur ès sciences,

de la Société astronomique de France, décembre 1919). Il résulte d'autre part, d'une communication personnelle de M. Einstein à l'auteur, qu'il faut compter deux ans avant d'être fixé d'une façon définitive, par suite, sans doute, de la trop faible puissance des instruments actuels.

LE PROBLÈME DU CANCER

Alors que les progrès de la Bactériologie, de la Chimie biologique et des sciences expérimentales ont permis, au cours du demi-siècle dernier, de préciser la pathogénie d'un certain nombre d'affections, le problème du cancer est demeuré toujours aussi obscur et aussi impénétrable.

Il ne semble pas d'ailleurs que l'attention des savants ait été suffisamment attirée pendant ces dernières années par cette question, dont la gravité est attestée par l'inquiétant accroissement du nombre des néoplasies, constaté par les statistiques.

La raison principale de cette abstention réside vraisemblablement dans la difficulté d'orienter l'expérimentation en matière de cancérose, parce que les données que nous possédons à l'heure actuelle sur l'origine des tumeurs sont trop vagues pour qu'on puisse les prendre comme base d'investigations systématiques.

C'est donc seulement en s'adressant à la méthode inductive que l'on pourra établir des programmes d'expériences destinés à éclairer la genèse des cancers. On est, par suite, conduit à rechercher les hypothèses qui s'accordent le mieux avec tous les faits connus se rapportant aux néoformations malignes, pour tenter de les vérifier ensuite expérimentalement.

Tel a été le but que nous avons poursuivi en écrivant les deux mémoires que nous avons présentés l'an dernier à l'Académie de Médecine[1] et que nous résumerons dans le présent travail.

Examinons donc tout d'abord les observations les moins discutables relatives à l'histogenèse des cancers.

I

1° *Rôle prédisposant des cicatrices.* — Il est admis d'une façon à peu près unanime que nombre de néoplasmes se développent dans des régions qui ont été le siège soit de lésions irritatives prolongées, soit d'altérations tissulaires rebelles ou définitives.

Les cancers s'installent très fréquemment sur des tissus cicatriciels formés à la suite de brûlures, de plaies de cautère, d'excoriations répétées, d'anciens ulcères de l'estomac ou du col utérin, d'inflammations chroniques du sein, de la langue, de la lèvre, d'érosions persistantes dues à la carie dentaire, aux pièces de prothèse, aux pessaires, aux bandages herniaires, etc.

On les voit se développer aussi sur de vieilles lésions tuberculeuses, syphilitiques ou même sur d'anciennes varices, sur des trajets fistuleux, des foyers d'ostéomyélite ou encore au niveau de corps étrangers ayant séjourné longtemps dans les tissus.

Les leucoplasies, le psoriasis lingual, les kératoses et les affections rebelles de la peau sont aussi très souvent sujets à la dégénérescence néoplasique.

Certaines coutumes, certaines habitudes ou bien encore l'exercice de certaines professions sont susceptibles de provoquer des lésions irritatives de longue durée en des points de l'organisme qui sont d'ordinaire indemnes de néoformations malignes. On voit alors le cancer s'installer sur ces points avec une incontestable fréquence.

C'est ainsi que l'épithélioma de la joue, exceptionnel chez les Européennes, se rencontre souvent chez les Indiennes qui chiquent le bétel.

Le cancer scrotal ne se voit guère que chez les ramoneurs ; il semble causé par l'action irritative

1. Auguste LUMIÈRE : Considérations sur le problème du Cancer et plan d'expériences. *Bull. Académie de Médecine*, séances des 3 décembre 1918 et 28 octobre 1919.

prolongée de la suie qui s'accumule dans les plis du scrotum.

Les ouvriers manipulant le goudron, la térébenthine, la pyridine, la paraffine, l'aniline, la naphtaline, etc., sont atteints d'irritations cutanées habituelles qui peuvent être frappées de dégénérescence cancéreuse.

Le cancer pénien est fréquent dans certaines régions tropicales et apparaît à la suite d'infections sous-prépuciales de longue durée, alors qu'il est extrêmement rare chez les Mahométans circoncis.

A peu près inconnu dans nos contrées, le cancer de la paroi abdominale est très répandu chez les montagnards du Kashmir, qui portent à la ceinture des chaufferettes occasionnant des brûlures.

Chez les femmes indigènes d'une tribu de Colombie, qui fument en utilisant des pipes traumatisantes en argile, la mortalité par cancer de la cavité buccale est relativement élevée.

L'inhalation prolongée de poussières arsénico-cobaltiques cause une néoplasie pulmonaire qui est particulière aux mineurs du Schneeberg.

Les radiodermites ulcéreuses chroniques des radiologistes conduisent, dans un grand nombre de cas, à des formations épithéliomateuses des extrémités digitales.

Le cancroïde de la lèvre chez le cheval occupe la commissure, point d'appui du filet du mors. Chez les bêtes de somme, on observe des fibromes au niveau des épaules ou aux points de frottement d'une sangle, d'un bât ou d'une selle.

Bien qu'il soit facile de multiplier ces exemples, l'énumération sommaire qui vient d'en être donnée suffit amplement à démontrer le rôle capital des irritations chroniques dans l'apparition des cancers.

Dans l'immense majorité des cas, ces irritations déterminent des ulcérations prolongées, qui finissent par donner, avec le temps, des cicatrices présentant cette particularité commune d'être formées de tissus frappés de sclérose par atrophie des éléments normaux, par augmentation du stroma conjonctif qui devient dense, fibreux, se prêtant mal aux échanges et aux défenses de l'organisme.

Les néoplasies ne s'installent nullement dans la phase inflammatoire de la lésion chronique ; il leur faut, en général, des tissus cicatriciels anciens et sans vitalité. Les tumeurs développées sur des cicatrices souples et linéaires sont des raretés.

Pour dégénérer, ces cicatrices doivent en outre être traumatisées à leur tour par érosion, déchirure, tiraillement sur des brides limitant les mouvements, etc.

Ces érosions secondaires sont persistantes ; elles guérissent lentement parce qu'elles siègent au niveau de tissus inertes dans lesquels il se passe un minimum de processus actif ; elles constituent une porte d'entrée pour tout agent infectant externe et pour le parasite hypothétique du cancer en particulier.

L'étude de la dégénérescence cancroïdale des vieilles cicatrices cutanées et principalement des cicatrices de brûlures, dont nous pouvons suivre les phases avec la plus grande netteté, nous montre que les choses se passent toujours suivant un ordre constant : c'est l'âge de la cicatrice qui intervient ; plus elle est ancienne, fibreuse et sans vitalité, plus elle est apte à dégénérer et sa cancérisation ne peut s'effectuer qu'à la faveur d'une érosion secondaire.

Si un grand nombre de néoplasmes se développent dans les conditions qui viennent d'être indiquées, ne peut-on prétendre que parfois le cancer naît en des régions de l'organisme suffisamment irriguées et accessibles aux défenses naturelles ; n'observe-t-on pas, par exemple, des tumeurs malignes du pancréas, du foie, du poumon, qui n'ont été précédées d'aucune lésion ou irritation et qui se sont créées sur des tissus que rien n'autorise à considérer comme anormaux ?

Bien que nous ne soyons pas en mesure de démontrer que cette opinion est inexacte, nous croyons pouvoir faire ressortir qu'elle s'accorde moins bien avec les faits que l'hypothèse contraire.

Si nous examinons systématiquement, en effet, des organes de vieillards au cours de leur autopsie, nous trouvons des lésions anciennes multiples que rien ne pouvait nous faire soupçonner pendant la vie et les altérations ainsi découvertes ne représentent qu'une portion de celles qui existent effectivement, puisqu'on ne peut explorer que partiellement les parenchymes en négligeant les points frappés de dégénérescence, de sclérose ou d'autres altérations qui se trouvent dans l'épaisseur des tranches d'organes. L'examen étant purement macroscopique, les petits foyers lésionnels échappent encore.

Plus les sujets sont âgés, plus les lésions deviennent nombreuses et plus les chances de cancérisation augmentent, et ce parallélisme se confirme lorsqu'on envisage ce qui se passe pour chaque organe en particulier.

On sait par exemple que, dans le cas du pancréas, les altérations glandulaires sont consécutives à des pancréatites aiguës ou chroniques, complications des infections intestinales, de la

syphilis, de la tuberculose, de l'alcoolisme, etc., ou résultent de la présence de calculs dans le canal de Wirsung ou ses branches accessoires dont l'obturation détermine la sclérose des territoires auxquels ils correspondent; les lésions, ignorées pendant la vie du malade, sont beaucoup plus fréquentes chez l'homme que chez la femme, et il en est de même pour la fréquence du cancer.

De plus, les scléroses pancréatiques siègent presque toujours à la tête du pancréas et il en est encore de même pour le cancer.

Ces données étiologiques se confirment dans le cas du foie : les néoplasmes hépatiques primitifs ne surviennent guère, de l'avis de nombreux auteurs, que chez des malades dont la glande a été antérieurement touchée par le paludisme, la syphilis, la tuberculose, l'alcoolisme, les affections biliaires, les traumatismes et la cholémie familiale.

La femme est beaucoup moins sujette au cancer du foie que l'homme; elle est aussi bien plus souvent indemne de cirrhose et d'autres altérations de cet organe.

On pourrait multiplier ces exemples et montrer la concordance constante entre la fréquence du cancer et celle des lésions tissulaires, non seulement en ce qui regarde leur nombre, mais aussi leur siège et le sexe des sujets qui en sont atteints.

Ce parallélisme constant des altérations organiques et de la cancérisation des tissus qui en sont frappés semble montrer que ces troubles lésionnels sont nécessaires à l'installation des néoplasies.

Le rôle des cicatrices semble donc encore se confirmer pour les cancers viscéraux primitifs.

2° *Influence de l'âge.* — La fréquence des tumeurs cancéreuses augmente progressivement avec l'âge. On constate cependant que, dans l'extrême vieillesse, la proportion des néoplasmes diminue d'une façon appréciable. Or, dans l'enfance, les causes irritatives susceptibles de conduire à des cicatrices sont minimes; mais, au fur et à mesure que le sujet avance en âge, les traumatismes se multiplient, l'alimentation devient plus excitante, le surmenage, les abus, les excès surviennent, et, à un moment donné de la vie, la résistance organique faiblit en même temps que les causes nocives augmentent. Les cicatrices vieillissent et deviennent de plus en plus aptes à la cancérisation. Il est donc compréhensible que les chances de cancérisation augmentent avec l'âge.

Cependant, à une époque avancée de l'existence, lorsque les facultés s'amoindrissent, que l'activité génitale s'est éteinte et que le surmenage, les excès, les traumatismes sont évités, les causes d'érosions secondaires des cicatrices nécessaires à l'installation des tumeurs deviennent plus rares, et effectivement, dans la vieillesse extrême, la proportion des cancers diminue; seule la fréquence du cancer de la lèvre chez l'homme très âgé demeure aussi marquée, et cette anomalie apparente s'explique par la persistance avec laquelle le vieillard s'attache à sa pipe, dont l'action irritative locale se poursuit jusqu'à la fin de la vie.

3° *Siège des cancers.* — Les statistiques nous enseignent que le cancer de l'estomac est de beaucoup le plus répandu : il représente à lui seul environ 35 % du nombre total des néoplasies; le cancer de l'utérus vient ensuite et figure en moyenne pour 15 % dans l'ensemble des carcinomes; le rectum et le gros intestin sont un peu moins souvent frappés et donnent approximativement la même proportion d'hyperplasies malignes que l'œsophage, soit de 10 à 11 % des cas.

Ce sont précisément ces organes qui sont le plus souvent le siège d'ulcérations persistantes, puis de cicatrices.

On observe en outre que les néoplasmes s'installent principalement dans les régions où se trouvent un rétrécissement ou un changement de direction d'un canal naturel; le pylore, la valvule ileo-cœcale, les courbures hépatiques, spléniques, sigmoïde du gros intestin, sont des lieux d'élection des cancers et correspondent encore aux points les plus vulnérables du tube digestif.

Le cancer de l'intestin frappe plus particulièrement son bout inférieur, et avec une fréquence d'autant plus grande qu'on se rapproche de son extrémité terminale (rectum 80 % des cas, cœcum et côlon 15 %, intestin grêle 5 %). Or il est à remarquer que parallèlement les matières deviennent de plus en plus compactes et traumatisantes au fur et à mesure de leur cheminement.

4° *Distribution géographique des néoplasies.* — On observe que le nombre des tumeurs est relativement plus grand dans les villes que dans les campagnes, et cette constatation peut encore s'expliquer en considérant que c'est dans les agglomérations urbaines que l'alcool, le gonocoque, le spirochète, le bacille de la tuberculose, les aliments excitants exercent le plus de ravages en provoquant des ulcérations persistantes, sources de cicatrices prédisposant au cancer.

II

On peut conclure des faits résumés qui viennent d'être exposés, que les néoplasmes exigeraient pour se développer certaine condition de terrain que nous venons d'indiquer.

Cette condition, qui consiste essentiellement en une irritation chronique aboutissant à une cicatrice, semble nécessaire, mais n'est point suffisante. De très nombreuses tentatives, faites pour déterminer la formation d'un cancer par irritations expérimentales prolongées, n'ont abouti qu'à des échecs. Le seul cas de sarcome constaté par Clunet à la suite d'une radio-dermite ulcéreuse chronique provenant, chez le rat, de l'action répétée des rayons X n'a pu être reproduit et paraît être le résultat de l'intervention d'un autre facteur inconnu ou d'une coïncidence. Aussi pouvons-nous dire que nous ne connaissons aucun procédé susceptible de provoquer à coup sûr l'apparition d'une tumeur cancéreuse par des agents irritatifs.

1° *Contagion.*— Il serait imprudent de faire état de certains faits souvent rapportés de cancers à deux ou de maisons à cancer, comme argument en faveur de la contagion des néoplasies; ces faits peuvent résulter de simples coïncidences que le calcul des probabilités peut d'ailleurs prévoir. Mais il n'en est pas moins vrai que de nombreuses observations faites par Nègre, Smith Washburne, Linière, Gaylord, Haaland, Moreau, etc., tendent à montrer que la transmission du cancer s'effectue par un agent d'origine externe. L'augmentation du nombre des tumeurs dans les élevages de souris mal tenus, les cages contaminées, l'inoculation par des punaises provenant d'animaux carcinomateux, les épizooties de cancer, constituent un ensemble de présomptions qui doivent faire considérer la contagion comme probablement possible.

D'autre part, il est des populations qui sont restées indemnes de cancérose et chez lesquelles les néoplasies ne sont apparues que depuis peu. Tel est le cas des Bassoutos, chez lesquels les Drs Casalis de Pury, père et fils, ont cherché en vain pendant plus de vingt ans à dépister le cancer, en observant chaque année plusieurs milliers de malades. Les tumeurs malignes se rencontrent maintenant dans le pays, depuis que ses habitants se sont embauchés dans les mines de diamant de Kimberley, d'où ils ont rapporté aussi la syphilis et la tuberculose qui leur étaient autrefois également inconnues.

En passant d'une contrée à une autre ayant sensiblement la même mortalité, la fréquence des cancers varie dans des proportions parfois considérables, faits qui ne s'expliquent guère que si l'on admet la contagion et l'intervention d'un agent cancérigène d'origine externe.

2° *Hérédité.* — Des observations enregistrées méthodiquement depuis de longues années par Maud Slye et portant sur plus de 20.000 souris de races diverses semblent indiquer que l'hérédité jouerait un rôle appréciable dans l'apparition des tumeurs chez ces animaux. Rien de bien net n'a été constaté dans ce sens chez l'homme. Les quelques faits rapportés concernant des séries de cancers apparues dans une même famille sont sujets à caution; l'hérédité syphilitique et tuberculeuse peut être la cause de lésions ulcéreuses cicatricielles qui sont préparantes pour la cancérisation. Ces états prédisposants ne dépendent pas d'une hérédité cancéreuse véritable.

3° *Quelques propriétés des tumeurs cancéreuses.* —Avant de rappeler les propriétés principales des tumeurs, il convient de faire remarquer que les néoplasmes ne sont pas, comme on l'admet généralement, des proliférations de types de cellules déterminées, mais bien d'un tissu complexe. Un épithélioma, par exemple, qui reproduit en les exagérant les dispositions de l'organe sur lequel il s'installe, comporte non pas seulement la multiplication d'éléments épithéliaux, mais encore l'extension du stroma conjonctif qui leur sert de support. Les cancers sont donc des *proliférations tissulaires* auxquelles participent, à des degrés divers, tous les éléments du tissu.

Les tissus cancéreux possèdent quelques propriétés caractéristiques qui les différencient profondément des tissus normaux. Nous rappellerons sommairement quelques-unes d'entre elles. La plus typique est la prolifération indéfinie.

Alors que tous les éléments tissulaires des Métazoaires subissent à un moment donné un arrêt dans leur développement, le tissu cancéreux croît indéfiniment. Cette perennité n'existe guère, parmi les êtres organisés, que chez les Protozoaires. Les néoplasmes résistent en outre particulièrement bien à la cytolyse et à la phagocytose; il semble qu'ils sécrètent des substances douées de propriétés chimiotactiques négatives qui éloignent les macrophages.

Ils renferment, en outre, des toxines hypotensives qui sont paralysantes à faible dose et convulsivantes à dose mortelle. Quand les animaux ne succombent pas immédiatement, l'intoxication par le poison cancéreux amène une cachexie progressive qui aboutit presque toujours à la

mort. Ces poisons paraissent être des colloïdes précipitables par l'alcool et non dialysables.

Enfin, contrairement à tout tissu animal, le tissu cancéreux peut être traité par des agents chimiques ou physiques énergiques sans perdre sa vitalité ni sa faculté d'être greffé.

Le sublimé à 1/1.000, l'alcool à 40 °/₀, la congélation pendant plusieurs années à — 8° ne diminuent pas la transplantabilité des tumeurs et ne ralentissent qu'imperceptiblement la rapidité du développement des greffes.

Une autre propriété remarquable réside dans la possibilité de transformation spontanée et brusque d'une tumeur épithéliale en sarcome, ou inversement, au cours des greffes en série.

Cet ensemble de caractères montre que le tissu cancéreux n'est assimilable à aucun tissu animal, embryonnaire ou adulte, malgré leur similitude histologique.

4° *Mode d'accroissement des cancers.* — Lorsqu'un néoplasme à son début commence à se développer en un foyer A, par exemple, il envahit les portions saines voisines non par l'extension progressive des cellules de sa périphérie, mais en formant bientôt à une certaine distance du point

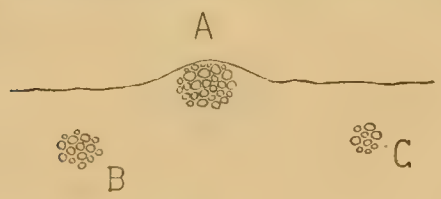


Fig. 1.

primitif d'autres foyers B, C, séparés de la lésion originelle par des portions de tissus parfaitement sains et normaux. Il y a comme une sorte d'ensemencement qui paraît s'effectuer par le réseau lymphatique capillaire. La propagation se fait donc comme si un élément infectieux détaché de la tumeur naissante venait contaminer des régions voisines.

Tels sont les faits principaux se rapportant à la cancérose ; nous avons négligé intentionnellement, dans cet exposé sommaire, de nombreuses observations de détail pour ne conserver que celles qui ne peuvent guère être contestées, qui doivent s'accorder avec une hypothèse vraisemblable sur la nature du cancer.

Parmi toutes les théories émises à ce sujet, quelles sont celles qui permettent d'expliquer les remarques précitées ?

C'est ce que nous allons envisager maintenant.

III

1. *Théorie de l'hétérochronie de Cohnheim.* — Cohnheim admet que les tissus embryonnaires sont seuls capables de donner naissance à des néoplasmes ; pour cet auteur, le cancer résulterait de l'inclusion accidentelle dans l'organisme de quelques cellules de l'embryon qui resteraient en sommeil jusqu'au moment où une cause inconnue viendrait réveiller leur puissance de prolifération.

Cette théorie ne saurait être acceptée, puisque le caractère capital du tissu cancéreux, qui réside dans la multiplication indéfinie de ses éléments, manque à la cellule embryonnaire dont la pullulation est toujours limitée.

De plus, les propriétés des tumeurs malignes diffèrent profondément de celles des tissus embryonnaires, qui ne résistent ni à la congélation prolongée, ni aux agents chimiques, tels que l'alcool et le sublimé, et qui ne sécrètent point les toxines cachectisantes que produisent les cancers.

La transformation brusque d'un épithélioma en sarcome ou *vice versa*, au cours de greffes en série, n'est pas compatible avec l'hypothèse de Cohnheim, pas plus que le rôle étiologique des cicatrices dans la dégénérescence cancroïdale.

2. *Théorie de la spécificité cellulaire.* — Le principe que Bard a développé et qui sert de base à cette théorie : *Omnis cellula e cellula ejusdem naturae* n'explique en aucune façon la cause du cancer ; s'il paraît exact, en général, qu'une cellule cancéreuse naisse de la multiplication d'une autre cellule de même nature, la raison pour laquelle cette multiplication s'effectue, c'est-à-dire la raison de la cancérisation, nous échappe.

D'autre part, la mutation spontanée d'un sarcome en carcinome à la suite de greffe semble aller à l'encontre du caractère absolu du principe de Bard, qui ne permet pas davantage de concevoir le mode d'accroissement des cancers par transformation, ni de comprendre les propriétés singulières des tissus cancéreux.

3. *Théorie karyogamique de Hallion.* — Les recherches de Maupas ont montré que les Infusoires se multiplient au moyen de la division fissipare, par voie agame, mais que ce mode de pullulation ne saurait assurer la reproduction indéfinie de l'espèce, les générations successives finissant par être frappées de dégénérescence sénile ; aussi auraient-ils depuis longtemps disparu si, dans leur cycle évolutif, n'intervenait à

un moment donné une cause de rajeunissement assurant la perpétuité de ces êtres.

Lorsque deux Infusoires se conjuguent, une partie du noyau de l'un passe dans l'autre et réciproquement, et ce mariage nucléaire, qui ne s'effectue que si les deux individus en présence sont issus d'ancêtres provenant de deux séries différentes de générations agames, a été désigné par Maupas sous le nom de *karyogamie*.

Pour M. Hallion, certaines cellules de l'organisme des Métazoaires seraient susceptibles de se conjuguer à la manière des Protozaires pour permettre, grâce à ce rajeunissement karyogamique, la prolifération fissipare indéfinie.

Le mécanisme de l'expansion sans limite des productions cancéreuses serait ainsi expliqué d'une façon ingénieuse, mais la cause pour laquelle certaines cellules entreraient ainsi en conjugaison, c'est-à-dire le *primum movens* déclanchant la cancérisation, demeurerait toujours aussi obscure.

Si l'on considère, en outre, qu'une tumeur n'est pas en réalité, ainsi qu'on le dit trop souvent, le résultat de la pullulation d'un type de cellule déterminé, mais bien, comme nous l'avons déjà fait remarquer, de tous les éléments qui composent un tissu, il faudrait admettre que le rajeunissement karyogamique porte simultanément, mais à des degrés divers, sur les différentes espèces de cellules composant le tissu et cette *karyogamie tissulaire* est difficile à concevoir.

4. *Théorie de la non-cytolyse des cellules de Dor.* — Cet auteur fait observer ce fait que les cellules cancéreuses sont les seules qui vivent dans le péritoine, les espaces lymphatiques, dans le sang et partout où les cellules non cancéreuses seraient cytolysées. Cette remarque judicieuse de M. Dor correspond à la constatation d'une propriété des tumeurs malignes, mais ne préjuge rien quant à leur origine.

Cette propriété s'explique d'ailleurs par ce fait que les proliférations malignes sécrètent des toxines qui éloignent les leucocytes. Dans les coupes de jeunes tumeurs, on voit autour de la néoformation un afflux de macrophages qui demeurent à une certaine distance sans pouvoir pénétrer dans la tumeur dont la cytolyse est ainsi empêchée.

5. *Théories cellulaires en général.* — Ces théories consistent à considérer que, sous l'influence de l'irritation prolongée, la cellule normale fixe définitivement, par adaptation darwinienne, les propriétés hyperplasiques que l'inflammation lui avait tout d'abord conférées temporairement.

Le degré de différenciation que présentent les cellules normales ne peut s'acquérir qu'à la condition d'avoir une certaine longévité; l'inflammation ne laissant plus le temps aux cellules d'arriver jusqu'au délai de bipartition correspondant au type différencié, si le processus inflammatoire peut intéresser sans les détruire un grand nombre de générations successives, une race cellulaire nouvelle adaptée à ce rythme proliferatif pourra être créée ainsi par l'influence du milieu.

Ces théories s'appuient sur cette considération que les éléments de divers ordres concourant à la formation du néoplasme dérivent des cellules mêmes de l'organisme, l'arrangement des cellules tumorales présentant une analogie telle avec les dispositions histologiques des tissus sur lesquels la tumeur a pris naissance qu'il ne paraît pas possible de leur assigner une origine indépendante. La conservation du type dans les métastases vient encore appuyer cette opinion.

S'il n'est pas contestable que ces théories renferment une part de vérité, les tissus néoplasiques dérivant des tissus normaux, elles ne suffisent pas à expliquer les faits dûment constatés se rapportant au cancer, faits que nous avons résumés au début de ce travail.

En effet, les chances de cancérisation devraient être d'autant plus grandes que les cellules seraient mieux entraînées à leur multiplication hâtive et persistante par des états inflammatoires de longue durée; or le cancer n'apparaît point au cours de ces phlegmasies : il prend naissance, au contraire, au sein de zones de sclérose bâtarde, d'épaississement leucoplasique, de kératose, de tissus atones dont les éléments nobles sont envahis par une gangue paralysant les phénomènes normaux de la vie cellulaire.

Ce n'est vraiment pas là un milieu favorable pour l'entraînement des cellules à la prolifération.

Si nous n'admettons pas l'intervention d'un parasite dans la genèse des néoplasies, comment expliquer les différences énormes qui existent entre les propriétés des tissus normaux et celles des tissus cancéreux?

Comment comprendre la résistance de ces dernières aux agents physiques et chimiques qui tuent toute cellule normale? Comment concevoir la sécrétion de toxines cachectisantes à chimiotaxie négative intense qui font défaut dans toutes les proliférations tissulaires autres que les cancers et les infections.

Tout aussi incompréhensibles apparaissent, avec cette théorie, la perennité du tissu néoplasique, la probabilité de la contagion, la transformation brusque d'un sarcome en carcinome,

l'impossibilité de provoquer expérimentalement la cancérisation par des irritations chroniques, etc.

Tous ces faits, au contraire, semblent prouver qu'un agent d'origine externe, indépendant de la cellule, est nécessaire à la cancérisation d'un tissu.

6. *Théorie parasitaire.* — Cette théorie s'accorde d'autre part avec les observations précitées.

Le rôle prédisposant des cicatrices inertes paralysant les défenses organiques; la nécessité de l'érosion de ces cicatrices constituant une porte d'entrée; la tendance des tumeurs à s'installer avec une fréquence d'autant plus grande sur certaines régions de l'individu que ces régions sont plus directement en contact avec le milieu extérieur, tous ces faits s'éclairent à la lumière de l'hypothèse parasitaire.

Les propriétés singulières des tumeurs, la sécrétion des toxines, la résistance remarquable au froid et aux produits chimiques, le changement du type au cours des séries de greffes, tout s'explique si l'on attribue ces propriétés non aux cellules, mais au parasite.

Enfin la croissance indéfinie des tumeurs serait aussi parfaitement compréhensible si l'on admet que le parasite excitateur des proliférations cancéreuses est un Protozoaire doué de perennité.

7. *Plan expérimental.* — On peut concevoir de nombreux essais en vue de vérifier la théorie parasitaire telle que nous l'avons résumée.

On sait que, pour qu'une greffe de cancer réussisse, il faut la pratiquer sur des animaux de même espèce, de même race, de même provenance et de même habitat que celui qui a fourni le greffon.

Quand on passe d'une race à l'autre, la résorption du greffon est attribuable à un certain nombre de causes que l'on peut s'attacher à déterminer expérimentalement. On peut notamment chercher à paralyser la phagocytose en préparant par brûlure des cicatrices fibreuses formant une barrière aux défenses naturelles; la protection du greffon pourrait, en outre, être tentée en enfermant la parcelle à greffer dans des fragments musculaires, aponévritiques, des séreuses ou des graisses empruntées à des animaux de même espèce ou dans des enveloppes protectrices de diverse nature; l'envahissement par les macrophages pourrait encore être retardé par l'emploi de poudres inertes ou de substances douées de propriétés chimiotactiques négatives.

Si la disparition du greffon ne dépend pas de la phagocytose, il serait intéressant de chercher à éviter la cytolyse par des anticorps et essayer les anticoagulants si les phénomènes de précipitation entraient en jeu ou les infections associées.

L'étude des Protozoaires et des tumeurs à Myxosporidies pourrait apporter, par comparaison, quelques arguments nouveaux à la thèse parasitaire; l'action des agents physiques et chimiques sur ces êtres, celle du radium et des rayons X, les propriétés de leurs produits d'excrétion, leur sensibilité ou leur résistance aux différents ferments, pourraient permettre d'utiles comparaisons avec les tumeurs cancéreuses.

La recherche du parasite dans les tumeurs pourrait aussi donner lieu à des investigations nouvelles.

Si notre théorie était exacte, comme les Protozoaires présentent au point de vue morphologique des analogies fréquentes avec les cellules animales, il n'est pas surprenant qu'ils puissent échapper à la recherche microscopique dans les tissus. Des modes de fixation particuliers, des méthodes de coloration systématiquement étudiées seraient peut-être capables de déceler l'agent infectant en caractérisant certaines de ses propriétés micro-chimiques.

Bien d'autres expériences méthodiques pourraient encore être entreprises en se basant sur les considérations qui précèdent; nous avons développé quelques-unes d'entre elles dans les mémoires que nous avons antérieurement publiés et nous y renvoyons le lecteur, ne pouvant en reprendre ici l'exposition.

Nous avons voulu seulement, dans le cadre forcément limité qui nous était offert par la *Revue générale des Sciences*, attirer de nouveau l'attention des biologistes sur l'urgence de l'étude expérimentale du cancer, heureux si cette modeste suggestion pouvait engager quelques chercheurs dans la voie qui permettrait de prévoir une solution à cet angoissant problème.

Auguste Lumière.

REVUE DE GÉOGRAPHIE ÉCONOMIQUE

LA GÉOGRAPHIE ÉCONOMIQUE DE LA GUERRE

I. — FAITS DE DÉPEUPLEMENT ET DE MIGRATIONS

La mobilisation a réuni en France un effectif de près de huit millions d'hommes, soit plus du cinquième de la population totale et les deux cinquièmes de la population active. Les pertes définitives en tués ou disparus ont atteint 3,5 % de la population totale, et 16,44 % des effectifs mobilisés; le nombre des blessés correspond à un pourcentage double des précédents, et il faut tenir compte que beaucoup d'entre eux sont devenus plus ou moins invalides[1]. Pour l'ensemble des pays belligérants, les pertes définitives sont évaluées, d'après les rapports officiels, à neuf millions[2]. Mais il faut encore y ajouter les milliers inconnus de victimes de la révolution russe et les Arméniens et les Grecs d'Asie Mineure massacrés par les Turcs. D'après le Livre Bleu publié par le Gouvernement britannique, 1.200.000 Arméniens furent déportés de leur pays en 1915, et la moitié environ périrent ou furent massacrés.

A ces pertes directes, il faut ajouter les pertes indirectes résultant de la réduction des naissances. M. Lucien March, dans son Rapport, publié par le Ministère du Travail, évalue ce déficit à 600.000 pour les naissances masculines durant la période 1914-1919, déduction faite de la mortalité normale des nouveau-nés[3]. De 1914 à 1917, pour les 77 départements non envahis, le total des excédents de décès s'est élevé à 883.160. La proportion atteignant les 11 départements envahis sera encore plus forte en tenant compte des privations endurées et des déportations.

Deux observations doivent encore être présentées. La première est que le déficit dans la puissance productrice, représentée par les hommes de seize à soixante-cinq ans, sera autrement important dans une quinzaine d'années, par suite des pertes de l'armée et de la réduction des naissances masculines. La seconde est que la guerre, en intensifiant la production industrielle, en accroissant les salaires industriels plus que les salaires agricoles, en dépaysant beaucoup d'hommes de la campagne, va accentuer les mouvements migratoires des campagnes vers les villes, et, comme le fait remarquer M. L. March, l'amoindrissement de la population adulte masculine portera surtout sur la population rurale — déjà la plus atteinte par les pertes aux armées, — où devrait se reconstituer constamment le capital humain du pays. Mais si l'augmentation des bénéfices agricoles actuels se maintenait, ce mouvement pourrait être heureusement entravé.

La guerre a diminué notablement l'émigration vers les pays neufs, elle a presque complètement tari celle des pays belligérants. Aux Etats-Unis, l'immigration s'est réduite de 1.218.480 personnes, pour la moyenne annuelle 1904-1913, à 110.618, pendant l'année 1917-18. L'émigration espagnole est tombée de 154.000 personnes, en 1913, à 20.168 en 1918; elle s'est intensifiée vers Cuba et s'est réduite en Amérique du Sud. Les transformations économiques que nous étudions plus loin ont naturellement provoqué des changements dans la direction des courants migratoires. En Suède, le nombre des émigrants a passé de de 20.346, en 1913, à 6.440, en 1917. L'émigration italienne, la plus forte avant la guerre, a été proportionnellement une des plus atteintes : de 1913 à 1915, le nombre des émigrants a passé de 313.000 à 79.000, à destination de l'Europe et du bassin méditerranéen, et de 559.000 à 66.000, à destination des pays transocéaniques : l'origine des émigrants a varié, chaque province ayant une destination préférée, et la proportion des femmes a augmenté. Les Puissances Centrales et la Russie, complètement bloquées, ont vu leur émigration cesser complètement, mais on prévoit en Allemagne une forte reprise en raison de la diminution des moyens de production industrielle, tandis que la Pologne escompte le retour d'une bonne partie de ses nationaux, partis pour échapper aux persécutions allemande ou russe.

D'autres passagers ont remplacé les émigrants. Trois à quatre millions de soldats venant des

---

1. D'après les calculs de M. Lucien March, on compte environ 350.000 pensionnés et réformés n° 1, 450.000 réformés n° 2 et un nombre inconnu d'hommes qui auront subi, du fait de la guerre, quelque altération n'ayant point donné lieu à réforme.

2. Détail en milliers:

France	1.383	Roumanie	340	Allemagne	2.049
Belgique	44	Russie	1.290(?)	Autriche-Hongrie	1.542
Etats-Unis	114	Serbie	297	Bulgarie	102
Empire britannique	869			Turquie	325
Grèce	12				
Italie	494				

3. Statistique portant sur les 77 départements non envahis :

	Naissances	Décès
1913	604.811	587.445
1914	594.222	647.549
1915	387.806	655.146
1916	315.087	607.742
1917	343.310	613.148

Etats-Unis, de l'Inde, des Dominions, de nos colonies ont été transportés sur les différents théâtres de la guerre, en sens inverse des courants migratoires d'avant-guerre. Toutes les races se sont trouvées rassemblées dans le conflit. Nos colonies nous ont fourni 417.840 combattants, dont 202.700 indigènes de l'Afrique du Nord, 134.210 noirs, 34.386 Malgaches, 43.430 Annamites; elles nous ont envoyé, en outre, près de deux cent mille ouvriers pour nos mines et nos usines de guerre, qui employaient encore, avec les prisonniers de guerre, des Chinois, des Grecs, des Espagnols. La Chine a fourni aux Alliés 130.000 travailleurs, sans compter ceux que l'Angleterre a utilisés en Mésopotamie, en Afrique orientale ou à bord de ses navires.

Nos industries de guerre ne se sont pas contentées de cette main-d'œuvre hétéroclite; elles ont absorbé encore un fort contingent féminin, provoquant des migrations intérieures vers les centres industriels ou des déplacements de personnel, attiré par les salaires plus élevés. C'est ainsi que les industries textiles sont en partie désertées au profit de la métallurgie et des fabrications chimiques. Il faut résoudre les gros problèmes du logement et de l'alimentation, il faut dresser cette main-d'œuvre inexperte, qui parle toutes les langues et qui exige que l'interprète accompagne partout le contremaître [1].

II. — FAITS DE PRODUCTION

§ 1. — Les produits alimentaires

Privés de millions de travailleurs parmi les plus valides, les pays belligérants, même les plus agricoles, comme la France, se sont trouvés en présence de récoltes déficitaires en *céréales*, insuffisantes pour leur consommation [2]. Les Alliés, maîtres de la mer, ont d'abord fait appel aux importations étrangères : privés, par la fermeture des Détroits, des greniers russe et roumain, ils se sont tournés vers les fournisseurs les plus rapprochés, comme les Etats-Unis, ou les plus apparentés à l'Angleterre, tels le Canada, l'Inde; pendant ce temps, des stocks s'accumulaient en Argentine, Australie, et même en Algérie où, malgré la proximité, nous manquions de bateaux pour aller les chercher. Ces importations n'ont pas suffi, et nous avons dû, à l'imitation des puissances centrales bloquées, recourir à des économies et à des restrictions : mélanges de céréales panifiables, élévation du taux de blutage, suppression de la pâtisserie, carte de pain.

En même temps, toujours en raison de l'insuffisance de main-d'œuvre, et aussi par suite de l'accroissement de la consommation de la viande aux armées, l'effectif du *bétail* s'est réduit dans une forte proportion [1], et il a fallu, là encore, faire appel, malgré les économies et les restrictions, aux importations étrangères. Nous avons dû imiter l'Angleterre et consommer des viandes frigorifiées ou réfrigérées, qui nécessitaient un outillage spécial en entrepôts et matériel de transport, que nous avons dû improviser. L'énorme demande qui en est résultée a fait surgir des concurrents aux deux grands fournisseurs d'avant-guerre : l'Argentine et l'Australasie. Pendant les cinq années de guerre, le Brésil a atteint la production de l'Argentine en vingt années, et il a exporté en 1918 60.000 tonnes de viande. L'Afrique du Sud a entrepris également cette préparation, et il faut regretter que nous n'en ayons fait que des essais trop timides dans quelques-unes de nos colonies : le Sénégal, Madagascar et la Nouvelle-Calédonie. La fabrication des conserves de viande s'est aussi développée en Argentine, Uruguay, Canada, encouragée par l'économie de tonnage que ce produit réalisait dans le transport. Le Canada multipliait sa production de beurre et de fromage pour remplacer sur le marché anglais les provenances d'Europe et de Sibérie; l'Argentine et le Brésil, d'importateurs de ces denrées passaient au rang d'exportateurs. En 1918, l'Argentine exportait près de 6.500 tonnes de fromage et de 19.000 tonnes de beurre.

La guerre a également bouleversé le commerce du *sucre*. La production du sucre de betterave s'est réduite de 46 à 29 % de la production mondiale, étant presque tout entière localisée dans les pays belligérants : Allemagne, Russie, Autriche-Hongrie et France. La situation de notre pays se trouvait encore aggravée du fait que la presque totalité de nos sucreries se trouvaient dans les territoires envahis. Malgré l'accroissement énorme de la production du sucre de canne, produit pour moitié par l'Amérique, et pour un quart par la seule île de Cuba — qui a fourni près de 4 millions de tonnes en 1918-19,

1. R. BLANCHARD : *Grenoble et sa région pendant la guerre*. In-8, Grenoble, 1918.

2. Production du blé en France :

(milliers de quintaux)

1913	86.919
1914	76.936
1915	60.630
1916	58.410
1917	36.625
1918	63.625

1. Effectif du bétail en France (milliers) :

	31 déc. 1913	30 juin 1918
Bêtes à cornes.....	14.787	13.314
Moutons.....	16.181	9.496
Porcs.....	7.035	4.020

— la production mondiale de la campagne précédente accuse un déficit de 2 millions de tonnes sur 1913-14[1]. Les seuls pays capables d'exporter sont actuellement la Bohême, pour le sucre de betterave, les grandes Antilles, Hawaï, Java, pour le sucre de canne. Dans nos Antilles, les hauts prix du rhum ont contribué à réduire la production du sucre. Une campagne se dessine actuellement en Angleterre pour y introduire la culture de la betterave. D'autre part, aux Etats-Unis, la consommation augmente en raison de la suppression de l'usage des boissons alcooliques. Dans notre reconstruction, il y aura lieu de centraliser davantage la fabrication dans des usines plus grandes et moins nombreuses, mais plus dispersées, pour bénéficier d'un rayon d'approvisionnement plus étendu.

Le commerce des *fruits frais* a été presque complètement suspendu par suite de l'absorption du tonnage par les produits essentiels; oranges et bananes se sont raréfiées sur nos marchés. Quand la chose était possible, les fruits ont été transformés sur place, desséchés ou mis en conserves. Les ports d'Europe, approvisionnés en *café* brésilien par les stocks provenant de la valorisation, ont pu cesser facilement leurs importations sans que le prix de ce produit ait sensiblement augmenté. Il en est résulté, d'autre part, que les expéditions du Brésil ont été dirigées surtout vers les Etats-Unis, en dehors des achats stockés par les pays d'Europe, et que New-York est devenu le plus grand marché de café, comme il est en train de devenir le plus grand marché de cacao, non seulement pour les provenances d'Amérique, mais encore pour celles d'Afrique, et notamment de la Gold Coast.

La guerre a fait comprendre à l'Angleterre les inconvénients d'avoir sacrifié à l'excès l'exploitation du sol à l'industrie, malgré le bénéfice de la maîtrise de la mer. Un grand effort est fait actuellement chez nos alliés d'Outre-Manche pour développer leur agriculture; il porte, notamment, sur le morcellement de la propriété, l'attraction des démobilisés, le recours à la motoculture. L'Allemagne bloquée avait compris également le rôle éminent joué par l'agriculture quand, victorieuse de la Russie défaillante, elle se réservait la Courlande et la Lithuanie; amputée aujourd'hui de ses marches de l'Est, de son grenier polonais, qui lui fournissait le quart ou le cinquième de sa production en céréales, pommes de terre et sucre, elle perd un atout sérieux dans le cas où elle serait tentée de revenir à ses instincts belliqueux.

1.

	1913-14	1918-19
	(milliers de tonnes)	
Production mondiale.....	18.667	16.740
— de sucre de canne..	9.821	12.384
— de l'Amérique....	4.985	6.202
— de Cuba.....	2.597	4.000

§ 2. — Les matières premières et leurs transformations

Le manque de matières premières s'est fait sentir surtout chez les Puissances centrales à mesure que le blocus est devenu plus sévère. L'Allemagne a dû créer une économie nouvelle, un « système obsidional », basé sur la suppression absolue des intermédiaires et du commerce libre. Le grand industriel Walter Rathenau, appelé à diriger cette gigantesque entreprise nationale, l'a justifiée en disant : « La vie économique ne doit plus dépendre de l'individu, mais de la collectivité. » Ainsi apparaissent les syndicats de contrainte (*Zwangssyndikat*), le service auxiliaire national, sorte de mobilisation civile, « conception quantitative, brutale, massive », qui ferme les petites usines, regroupe les ouvriers suivant les besoins de l'État. Puis, comme au temps du Blocus continental, l'ingéniosité industrielle est stimulée et des substitutions de produits s'opèrent. Les Allemands se vantent d'avoir fabriqué des milliers d'*ersatz*, allant depuis les filés de papier et d'ortie jusqu'à la gamme des produits chimiques de synthèse.

L'occupation par l'ennemi de nos départements du Nord et du Nord-Est plaçait notre pays dans une situation industrielle des plus fâcheuse. Notre productivité se trouvait réduite dans de fortes proportions : charbon 68 %, coke 47 %, minerai de fer 90 %, fonte 85 %, acier 60 %, poutrelles 88 %, tissages de coton 69 %, filature de coton 65 %, filature et tissage de lin 80 %, etc. Il est à présumer que si l'Allemagne s'est décidée au passage à travers la Belgique, avec le gros risque d'entraîner l'Angleterre dans la lutte, c'est qu'elle estimait d'un haut prix la mainmise sur nos plus riches départements agricoles et industriels. La région métallurgique du Centre avait abandonné depuis longtemps la fabrication des produits ordinaires pour se consacrer aux produits finis et plus chers; son outillage comprenait surtout des fours Martin et des fours à creusets. Presque tous nos hauts fourneaux se trouvant en territoires envahis, il fallut faire venir d'Angleterre et des Etats-Unis la fonte et l'acier. Devant l'insuffisance des presses hydrauliques, on adopta le forage pour l'obus de 75 et la fonte aciérée pour les obus de gros calibres; les plus petits ateliers furent utilisés au maximum de rendement; on construisit

de nouveaux fours Martin et on commanda partout à l'étranger l'outillage nécessaire, et principalement les presses et les tours. L'effort métallurgique, aidé par le développement des usines hydro-électriques, fut accompagné d'un effort semblable dans les industries chimiques, rendu nécessaire par l'emploi des toxiques comme engins de guerre. On ne sait pas assez que c'est dans les laboratoires de ses fabriques de matières colorantes que l'Allemagne a trouvé les matières lacrymogènes et asphyxiantes dont elle fit usage la première[1]. Nous avons dû l'imiter, et les progrès que nous avons réalisés dans cette branche industrielle vont nous permettre de nous passer de ses exportations. Cette mauvaise action aura surtout contribué à lui faire perdre son monopole d'approvisionnement d'un certain nombre de produits chimiques; l'Angleterre, les Etats-Unis et le Japon vont aussi désormais lui faire concurrence.

L'approvisionnement des pays belligérants en matières premières a produit d'intéressantes répercussions. Les pays neufs recherchent les minerais métalliques, soit pour leur propre industrie, soit pour l'exportation. La Bolivie expédie du *cuivre*, de l'*étain* et du *wolfram*, qui se substituent à ses exportations agricoles ; le Brésil vend du *manganèse*, la Colombie, du *platine* — dont la Russie avait le monopole avant guerre, — la Guyane anglaise exporte de la *bauxite*, la Trinité, des *huiles lourdes*. Nous avons même importé des *phosphates* de Floride, quand nous en possédions des stoks énormes en Tunisie. L'extraction du *nitrate de soude* au Chili cesse complètement au début de la guerre, entraînant une énorme perturbation économique (faillites, exode d'ouvriers, déficit budgétaire) ; elle reprend ensuite pour répondre aux besoins des industries chimiques de guerre et subit un nouveau ralentissement depuis l'armistice. L'exportation des *diamants* de l'Afrique du Sud a été complètement interrompue.

Déjà privée des *soies* du Levant et d'Anatolie, l'industrie de la soierie a pu difficilement s'approvisionner en Extrême-Orient et a dû faire appel aux services des compagnies japonaises de navigation, mais les soies asiatiques n'ont pas souffert de cette situation : elles sont allées suralimenter les fabriques des Etats-Unis, déjà si prospères avant 1914. La crise du tonnage a également atteint le commerce de la *laine*, raréfiant la matière première sur les marchés d'Europe, tandis que des stocks s'accumulaient dans les grands pays producteurs : Australie, Argentine, Uruguay, Afrique du Sud. Mêmes difficultés d'approvisionnement pour le *coton*, accrues encore par la réduction des récoltes aux Etats-Unis, provoquée par le manque d'engrais potassiques, — fournis par l'Allemagne avant la guerre, — par la pratique des cultures mixtes, l'extension de l'élevage et du blé, cette céréale encouragée par un prix minimum officiel très avantageux, enfin par la consommation nationale toujours croissante, qui atteint la moitié de la récolte, et par la hausse des prix de revient. Celle-ci explique l'augmentation des prix de vente et résulte en grande partie de la hausse des salaires. Le prix du coton américain bénéficiait avant la guerre du bon marché de la main-d'œuvre noire, savamment exploitée sous forme de métayage. Ces conditions ont changé : les nègres s'agitent, ils émigrent vers les usines de l'Est ou exigent des rémunérations plus élevées, et c'est là le plus gros élément du prix de revient. Aussi, comme au temps de la guerre de Sécession, on assiste à une extension de la culture cotonnière au Brésil, Pérou, Argentine, Antilles, Chine, Corée, Inde ; les Anglais fondent de grandes espérances sur la Mésopotamie et la Palestine, et nous nous intéressons particulièrement à la Cilicie. La défaillance de la Russie, — qui produisait 80 °/₀ de la filasse de *lin*, — a réduit sensiblement les approvisionnements de ce textile, cultivé en France, principalement dans nos territoires envahis. Plusieurs pays neufs, comme l'Australie et le Canada, cherchent à produire cette fibre. La Grande-Bretagne a doublé l'étendue de ses cultures de lin en Irlande et en Angleterre, et le Comité industriel, qui s'occupe de ce problème, fait poursuivre des essais au Canada et dans l'Afrique orientale.

Grâce à l'énorme accroissement des plantations de *caoutchouc* dans le Moyen Orient, cette matière est la seule dont le prix n'a pas augmenté pendant la guerre, et a même baissé depuis, rendant très difficile la situation des caoutchoucs de cueillette. Une autre denrée coloniale s'est trouvée fortement atteinte par la crise du tonnage, en raison de sa faible densité : ce sont les *graines oléagineuses*. C'est un des produits qui ont fait le plus défaut à l'Allemagne bloquée, grande consommatrice d'huile dans l'avant-guerre et qui a dû recourir à des *ersatz* de valeur alimentaire douteuse. Par contre, l'Angleterre, qui a su recueillir nos arachides et nos graines de palmiste de l'Afrique occidentale, a donné

1. C'est ainsi, par exemple, que les brillantes couleurs du groupe diphényl- et triphénylméthane, telles que le violet de méthyle, le bleu victoria, exigent pour leur synthèse l'oxychlorure de carbone et ses dérivés chlorométhylés, qui ont constitué les premiers poisons répandus dans nos lignes par les obus allemands.

un grand essor à l'industrie des matières grasses, dont elle était tributaire avant la guerre vis-à-vis de la Hollande et de l'Allemagne. Marseille, au contraire, a vu péricliter ses fabriques si florissantes de savons et de beurre végétal. Quant aux grands pays producteurs de graines du Moyen et de l'Extrême Orient : Inde, Iles de la Sonde, Philippines, ils ont été amenés à traiter leurs stocks, ce qui fait qu'avec leurs usines nouvelles ils se transformeront d'exportateurs de graines en vendeurs d'huile et de tourteaux. En Chine, le soja, qui avait pris un si grand essor avant la guerre, et dont la graine s'exportait en Europe en quantités considérables, a été remplacé par d'autres plantes, et notamment par le coton.

§ 3. — L'approvisionnement en charbon et pétrole

La guerre a montré le rôle énorme que joue le charbon, non seulement dans la vie économique et sociale, mais encore dans les relations politiques et diplomatiques, dans la fixation des frontières. La cession des houillères de la Sarre et de la Haute Silésie constitue une des plus grosses charges imposées à l'Allemagne par le traité de Versailles, et c'est encore pour un petit bassin houiller, celui de Teschen, en Silésie autrichienne, qu'au lendemain de l'armistice, Tchèques et Polonais en vinrent à se battre. La fortune de l'Angleterre est édifiée sur le charbon à bon marché, et sa lutte pacifique avec les Etats-Unis pour la prépondérance maritime sera en partie une question de charbon ou de pétrole [1].

On estime que la production européenne actuelle est en déficit de 35 % sur celle d'avant-guerre ; seuls, les Etats-Unis ont progressé, et encore sont-ils handicapés en ce moment par les grèves. Mais, à côté de ce gain, partout en Europe, c'est une énorme réduction de la production. Les causes en sont : la restriction de la main-d'œuvre par la guerre, la destruction d'un certain nombre de mines, et, plus encore, la baisse du rendement par suite d'un moindre effort et d'une réduction de la durée du travail [2]. Pendant la guerre, l'exportation anglaise se limita à servir une partie des besoins des pays alliés, et principalement ceux de la France et de l'Italie. Notre consommation d'avant guerre s'élevait à 60 millions de tonnes, dont nous produisions 40 millions. Privés de la plus grande partie de l'extraction de nos départements du Nord, nous n'avons pu arriver qu'au maximum de 29 millions, en 1917, et les importations anglaises n'ont pas dépassé 20 millions, auxquelles se sont ajoutées quelques livraisons de charbon américain [1]. Quant à l'Italie, qui ne produit pas de charbon et qui en importait une moyenne annuelle de 11 millions de tonnes, elle n'en a reçu que 5 à 6 millions. Tant que nos mines du Nord ne seront pas remises en état, ni l'Allemagne, ni le Bassin de la Sarre ne pourront pourvoir complètement à notre déficit, pas plus que l'Angleterre et les Etats-Unis. Pour ces deux derniers pays, la question de prix vient encore compliquer le problème : la politique charbonnière de l'Angleterre consiste aujourd'hui à vendre cher sur les marchés étrangers pour favoriser indirectement les industries nationales et réduire leur prix de revient à l'exportation. D'autre part, nous avons contre nous le prix élevé des frets et la perte au change, auxquels viennent s'ajouter les difficultés du transport à l'intérieur. Pendant que nos usines manquent de combustible, nous avons des stocks immobilisés sur le carreau de nos mines, dans les ports, dans les gares. La crise des chemins de fer est elle-même fonction du charbon et provient, en partie, de sa mauvaise qualité ; il brûle trop vite et fait trop de cendres, il faudrait mélanger plusieurs sortes et, pour cela, avoir des stocks qui font défaut.

La rareté du charbon a provoqué des recherches dans les pays neufs et a fait recourir à des succédanés. La Suisse, l'Argentine, le Brésil ont employé le bois pour chauffer les locomotives ; la Tunisie a utilisé sa brousse de jujubiers, de lentisques, d'oliviers sauvages, et exploité ses gisements de lignite du Cap Bon, qui ont alimenté la Centrale de Tunis pour l'éclairage et les tramways. Trop tardivement, nous avons cherché à intensifier en France l'extraction du lignite, et ce n'est que dans le courant de 1919 que nous avons pensé à l'utilisation de nos réserves de tourbe, en offrant des primes aux exploitants et en ouvrant un concours d'outillage pour l'extraction mécanique.

L'emploi de la houille blanche, déjà si en faveur dans l'avant-guerre, devait s'accentuer encore plus sous la pression des besoins ; d'énormes progrès ont été réalisés, non seulement en France où nous avons gagné 200 à 300.000 chevaux de force, en Italie, en Suisse, en Scandinavie, mais encore dans les pays neufs, comme l'Australie et le Canada. Le problème de l'électrification des chemins de fer se pose de plus en plus impérativement, mais la hausse des prix fait reculer devant

1. Les Etats-Unis viennent d'installer à Bizerte un important dépôt de mazout.

2. En Angleterre, l'extraction annuelle en tonnes par ouvrier a passé de 252, en 1910, à 226, en 1918 (maximum : 265, en 1915).

1. En 1919, nous avons extrait 22 millions de tonnes de charbon et nous en avons importé 18 millions et demi.

les énormes dépenses nécessaires, et les compagnies recourent déjà à une autre solution à la fois moins coûteuse et beaucoup plus rapide d'application : la transformation des chaudières pour l'emploi du mazout, utilisé depuis plus de trente ans en Russie. Les premiers essais, qui remontent chez nous à novembre 1919, ont été très satisfaisants; il suffit de 15 à 20 jours pour adapter une chaudière[1].

Les progrès réalisés dans l'extraction du pétrole aux Etats-Unis, Mexique, — passé au second rang en 1918 et qui constitue une des grandes réserves de l'avenir, — Iles de la Sonde, Inde, Japon ont compensé en partie la réduction que l'état de guerre a imposée en Russie, Roumanie, Galicie. De grands efforts de recherches ont été poursuivis; d'importants dépôts ont été découverts en Nouvelle-Guinée, prolongement probable de ceux qui jalonnent l'arc des Iles de la Sonde.

Le problème du pétrole est particulièrement important pour notre pays déficitaire en charbon. Aussi bien, devons-nous poursuivre activement les recherches sur notre territoire, où le pétrole a été signalé dans de nombreux départements (Hérault, Basses-Pyrénées, Ardèche, Gard, Ain, Haute-Savoie, Puy-de-Dôme, etc.), exploiter plus intensivement le dépôt alsacien de Péchelbronn, et continuer les sondages commencés avant la guerre en Tunisie, en Algérie, où le gîte oranais, dont la structure n'est pas sans analogie avec ceux des Carpathes, semble se prolonger au Maroc.

III. — FAITS DE CIRCULATION

§ 1. — Les chemins de fer

La pénurie de personnel, la réduction du parc de wagons, l'usure croissante du matériel et principalement du matériel de traction, les transports de troupes, le transit de ravitaillement pour l'Italie (de Blaye à Vintimille) et pour la Suisse (de Cette à Genève), les approvisionnements destinés aux armées alliées combattant en France, l'augmentation de la distance moyenne des expéditions et du nombre des colis postaux, les modifications produites dans les courants de transport qui n'existaient plus guère que dans le sens des importations, enfin le manque de combustible qui a obligé à réduire le nombre des convois, telles sont les causes qui ont provoqué la crise des transports par chemin de fer. Cette crise a sévi avec plus ou moins d'intensité dans tous les pays belligérants, avivée encore en Angleterre par la disparition du cabotage et la hausse des frets[1]; mais, nulle part, elle n'eut des conséquences aussi graves qu'en Russie. La défaillance de notre alliée, qui la conduisit à une paix séparée, a eu pour cause principale l'arrêt des transports, par l'encombrement des voies et la pénurie de matériel, qui empêcha l'approvisionnement du front et des villes en denrées alimentaires. L'anarchie actuelle se prolonge pour des motifs du même genre. La guerre aura démontré à l'évidence que les chemins de fer sont, avec le charbon, les deux grands pivots de notre civilisation industrielle; sans eux, toute la vie économique est suspendue, le commerce s'arrête, nous sommes ramenés à l'économie provinciale avec l'organisme d'un homme mûr dans un corps de petit enfant.

La crise des chemins de fer a conduit à l'extension de *l'automobilisme* et de *l'aviation*. Nous n'avons pas à parler des services rendus par ces deux modes de locomotion dans les opérations de guerre, mais il faut souligner l'importance qu'ils ont prise dans les transports commerciaux, encouragés par la hausse générale des prix qui permet de tenir moins compte de leur coût plus élevé. Des agences de transport ont créé des services de camions automobiles reliant les centres principaux; Paris est ainsi relié aux pays rhénans par des lignes de ce genre. Mais c'est en Angleterre que l'automobilisme a le mieux donné sa mesure, en permettant à ce pays de continuer à vivre malgré une grève générale des chemins de fer, grâce à l'emploi de milliers d'autos-camions, dont les routes et les horaires avaient été minutieusement fixés d'avance. L'aviation joua également son rôle de « briseur de grèves », en transportant sur Paris et sur Bruxelles la correspondance postale, des passagers et du fret. Depuis le 10 novembre dernier, un service postal officiel par avions fonctionne régulièrement entre Paris et Londres, et dans tous les pays du monde des projets de création de « lignes de l'air » sont à l'étude.

§ 2. — La navigation fluviale

L'exploitation des voies navigables n'avait été prévue dans les plans de mobilisation que pour

1. Mais il ne faut pas oublier que la production mondiale de pétrole brut ne dépasse pas 70 millions de tonnes, laissant à la distillation 40 millions de tonnes de sous-produits combustibles, équivalant à 70 à 80 millions de tonnes de houille. C'est une bien faible quantité pour satisfaire de grands besoins industriels.

1. Aujourd'hui, c'est la marine marchande qui est appelée à venir en aide aux chemins de fer; des services de cabotage viennent d'être créés (janvier 1920) entre Marseille et Bordeaux, d'une part, et les ports français du Nord pour le transport des produits lourds et encombrants.

constituer des stocks de ravitaillement dans certaines places fortes et pour des transports de matériel de guerre, et son manque d'organisation et d'outillage avant la guerre ne lui a pas permis d'apporter aux chemins de fer une aide qui aurait pu être plus efficace. Il a fallu d'abord combler ses lacunes : créer des bureaux de renseignements et d'affrètements, lui procurer du matériel de traction et principalement des remorqueurs, et développer l'outillage des principaux ports fluviaux. On peut juger de l'acuité de la crise du tonnage sur les voies ferrées par ce résultat curieux que le fret fluvial est plus élevé que les tarifs de chemins de fer. Néanmoins, la navigation fluviale aura bénéficié de l'impulsion reçue pendant la guerre et, à l'inverse du chemin de fer, elle va se trouver mieux organisée et mieux outillée. On paraît aujourd'hui mieux comprendre son rôle, témoin la mise en œuvre prochaine de l'aménagement du Rhône, l'élargissement de plusieurs de nos canaux, le retour à d'anciens projets de percement comme le canal du Nord-Est, celui de Roanne à Givors, jugé indispensable si l'on veut que la métallurgie de la Loire conserve l'avance prise pendant la guerre et revienne à la fabrication des produits communs de grande consommation.

§ 3. — La navigation maritime

La notoire insuffisance de notre marine marchande dans l'avant-guerre, aussi bien au point de vue du tonnage que de l'outillage des ports, nous a causé une gêne énorme et des pertes financières considérables. Les 400 millions de fret que nous payions aux marines étrangères se sont transformés en milliards pendant la guerre, sans compter les dépenses de surestaries, résultant de l'encombrement des ports. C'est que nous disposions généralement de plus de quais que d'outillage, et de plus d'outillage que de moyens d'évacuation, nos ports ressemblant, comme on l'a dit, à de gros robinets montés sur de petits tuyaux. Notre commerce terrestre étant réduit à la Suisse, à l'Italie et à l'Espagne, la plus grande partie des importations se faisait par mer; de 1913 à 1917, le trafic maritime des 40 grands ports monte de 42,3 millions de tonnes de marchandises à 50 millions et demi; tandis qu'il diminue dans les ports méditerranéens, il s'accroît dans les ports de l'Atlantique et de la Manche, il fait plus que doubler à Calais et à Boulogne, il triple à Dieppe; Rouen passe au 1er rang; on utilise des ports secondaires pour répartir le trafic sur un plus grand nombre de points et proportionnellement aux moyens de débarquement et d'évacuation.

Les réquisitions pour le transport des troupes, du matériel et du charbon, les destructions de navires par les sous-marins et les mines, — qui représentent pour les seules marines alliées de 11 à 14 millions de tonnes, — amènent une réduction du tonnage qui, jointe à l'accroissement des importations, provoque une formidable hausse des frets; la plupart ont décuplé, quelques-uns ont plus que vingtuplé; le fret des charbons anglais exportés à Marseille a représenté jusqu'à dix fois la valeur de la marchandise transportée. Cette hausse a encore pour cause le déséquilibre entre les importations et les exportations, la mobilisation du personnel de la marine marchande, la hausse des charbons et des produits de graissage, l'augmentation des salaires des équipages et des autres charges des armateurs, comme le taux des assurances, surélevé par les risques de la guerre sous-marine.

La hausse des frets provoque en Angleterre la disparition du cabotage, le trafic de côte se reporte sur les chemins de fer devenus meilleur marché. Les produits à transporter reçoivent au lieu de production le maximum de transformation pour en réduire le poids : aux bois de quebracho de la République Argentine, on substitue leur extrait tannant; les arachides sont décortiquées; les métaux bruts sont raffinés; le riz blanc remplace le riz paddy et le riz cargo; les graines oléagineuses sont transformées en huile. La Suisse fait l'acquisition d'une flotte de 80.000 tonneaux, et nos Compagnies de chemins de fer se font elles-mêmes les transporteurs maritimes de leur charbon.

La hausse de prix des navires, les énormes bénéfices réalisés par les armateurs et les besoins de tonnage poussent à la construction navale, qui se disperse et se répand dans des pays nouveaux; des chantiers sont créés au Canada, sur la côte du Pacifique, dans l'Inde et en Birmanie (Rangoun), en Chine, à Shanghaï, à Hong-Kong; un chantier français est créé en 1918, près de Tien-Tsin, sur les bords du Pei-ho. L'effort naval s'étend partout, sauf en France, où nos chantiers fabriquent du matériel de guerre.

Le prix élevé de l'acier conduit à la construction de bateaux en ciment armé. Mais c'est surtout en Angleterre et aux Etats-Unis que les progrès sont rapides, en vue de combler les vides causés par la guerre sous-marine. Grâce à leur énorme production d'acier, à leurs méthodes de travail : standardisation des types et fabrication en série, les Etats-Unis ont opéré des prodiges; du 3e rang, leur marine marchande est passée au second, serrant de près la marine anglaise,

de telle sorte qu'ils semblent menacer la suprématie navale de la Grande-Bretagne[1]. Nos alliés d'Outre-Manche en parlent, sans pourtant s'en émouvoir outre mesure. Le Supplément commercial du *Times* faisait observer récemment, et à juste titre, qu'il est plus facile de construire et de lancer des bateaux que de leur procurer le personnel nécessaire, d'organiser leurs services et d'outiller des escales sur toutes les routes du monde ; l'expérience séculaire anglaise ne s'improvise pas, et les Etats-Unis sont un grand pays terrien, fort différent à cet égard de pays insulaires comme l'Angleterre et le Japon. Ils le savent; aussi bien, cherchent-ils dès maintenant à répandre parmi leur jeunesse l'intérêt et le goût pour les choses de la mer, afin de pouvoir recruter des marins.

Réquisitionnée en grande partie pour les services de la guerre et les besoins des Alliés, la marine marchande anglaise se concentre dans l'Atlantique, elle se raréfie dans l'Océan Indien, et déserte presque complètement le Pacifique, qui ne voit plus guère que des navires japonais ; les îles Marshall deviennent leur principal reposoir et l'entrepôt de leurs marchandises redistribuées partout par des bateaux de faible tonnage ; les Cies japonaises se mettent en relations avec les chemins de fer américains, et, grâce aux salaires moins élevés de leurs équipages, elles concurrencent facilement les Cies australiennes. De 1913 à 1918, la part de la marine anglaise dans le commerce extérieur des Etats-Unis s'abaisse de 58 à 48 °/₀, aux exportations, et de 49 à 18 °/₀, aux importations, malgré l'avantage résultant pour les frets de la dépréciation du change anglais sur les Etats-Unis.

Des relations directes s'établissent entre les Dominions et les colonies anglaises; des services réguliers sont créés entre le Canada, les Antilles, la Guyane et l'Afrique du Sud. Le Canada prend une part importante dans le commerce du Pacifique; des lignes s'établissent de Vancouver sur l'Australie, la Chine, le Japon. Les Etats-Unis se relient directement avec les Indes néerlandaises, le Canada avec le Brésil. Même essor des marines sud-américaines qui font surtout du cabotage avec les ports voisins; la plus importante, celle du Brésil, a des services directs sur l'Europe et les Etats-Unis.

La crise du tonnage produit encore d'autres conséquences. C'est d'abord la centralisation du commerce maritime : Dakar reçoit le ravitaillement des colonies de la Côte Occidentale d'Afrique, et Maurice, celui des îles de l'Océan Indien. On utilise au maximum les bateaux de tous genres et de tous tonnages. Les achats se font au plus près et au hasard de la nationalité des navires qui viennent faire escale. C'est ainsi que nos colonies s'approvisionnent davantage dans les grands pays voisins : nos colonies d'Amérique se tournent entièrement vers les Etats-Unis, Djibouti s'adresse à l'Inde, la Nouvelle-Calédonie achète au Japon, à l'Australie, et fait venir des vins de Californie ; les bois de la Côte d'Ivoire servent de fret de retour vers les Etats-Unis; la Martinique, gênée pour l'exportation de son cacao, le transforme sur place en chocolat, et il a fallu la guerre pour arriver à créer une industrie aussi rationnelle. Pour les colonies lointaines, la douane a dû admettre des dérogations à la règle du transport en droiture et accorder la franchise douanière malgré plusieurs transbordements ; les produits calédoniens nous arrivaient ainsi par Sydney, Singapour ou Colombo.

Pierre Clerget,
Directeur de l'Ecole supérieure de Commerce de Lyon.

1. Tonnage en lourd des marines marchandes (*Bulletin de la Ligue maritime française*, 25 janvier 1920) :

	(milliers de tonnes) juillet 1914	juillet 1919	Tonnage en construction
Angleterre	21.015	18.607	2.524
Etats-Unis	3.015	10.833	3.874
Norvège	2.504	1.857	62
France	2.319	2.233	109
Japon	1.708	2,325	282
Italie	1.668	1.390	271
Pays-Bas	1.496	1.591	219

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

The Adolfo Stahl Lectures in Astronomy. *Delivered at San Francisco, California, in* 1916-17 *and* 1917-18 *under the auspices of the Astronomical Society of the Pacific.* — 1 *vol. in*-8° *de* 257 *p. avec* 53 *planches* (*Prix :* $ 2,75). *Imprimé pour la Société par la « Stanford University Press », San Francisco,* 1919.

Cet ouvrage renferme douze conférences faites à San Francisco, durant les deux hivers 1916-17 et 1918-19, sous les auspices de la Société Astronomique du Pacifique.

Un généreux Californien, M. Adolfo Stahl, a bien voulu faire les frais de ces conférences, à la fois populaires et relativement élevées, dont le but était de propager le goût de l'Astronomie en révélant au public les immenses progrès accomplis dans ces dernières années et principalement dus, il faut l'avouer, à l'admirable initiative privée américaine.

Voici la liste des sujets traités :

Le Système solaire. — Ce que nous savons des Comètes (W. W. Campbell). — Une éclipse totale de Soleil. — La Lune. — Nouvelles des Etoiles (R. G. Aitken). — Les Nébuleuses. — La Découverte astronomique (H. D. Curtis). — Les grandes époques de l'Astronomie (R. T. Crawford. — Notre étoile : le Soleil (Ch. E. St. John). — Les récents progrès de l'étude du mouvement des corps du système solaire (A. O. Leuschner). — Les éclats des Etoiles, leur distribution, leurs couleurs et leurs mouvements (F. H. Seares). — Le télescope de 2 m. 50 du Mt Wilson (R. G. Aitken, d'après G. W. Ritchey).

Les organisateurs ont surtout fait appel à des astronomes de l'Observatoire Lick ou du Mt Wilson. Ils ont eu la main heureuse : presque toutes ces causeries sont remarquables, aussi faciles à lire, aussi éloignées de toute pédanterie que nettes et précises. Les professionnels eux-mêmes y trouveront nombre de renseignements intéressants, de statistiques utiles ainsi que d'excellentes reproductions de clichés photographiques originaux.

La masse des matériaux d'observation accumulés aujourd'hui est en effet devenue énorme autant qu'indigeste et le malheur veut qu'on ne les utilise pas suffisamment — surtout en comparaison des efforts qu'ils ont coûtés. Avec cela, les savants qui, dans leur spécialité, aiment à prendre la peine de lire les travaux de leurs confrères ne sont pas aussi nombreux qu'il le semblerait et l'on néglige trop souvent de s'informer des branches que l'on ne cultive pas. Le besoin se fait donc de plus en plus sentir de synthèses analogues à celles dont nous parlons et qui s'adressent à tous les esprits cultivés. Présentées par des hommes pleinement compétents, elles écartent tout ce qui, dans les résultats bruts des travaux originaux ou dans les discussions qu'ils soulèvent, n'a point de portée réelle : ce n'est pas là une mince besogne. Elles rendent ainsi à la vraie science, à la science pure, dont les progrès sont plus que jamais — pour des raisons, hélas ! trop positives — liés à sa diffusion, des services un peu indirects, mais infiniment précieux.

Jean Bosler,
Astronome à l'Observatoire de Meudon.

2° Sciences physiques

Soddy (Fred.), *Professeur à l'Université d'Aberdeen.* — **Le Radium.** Interprétation et enseignement de la radioactivité. *Traduit de l'anglais par* M. A. Lepape, *chef de Laboratoire à l'Institut d'Hydrologie de Paris.* — 1 *vol. in*-16 *de* 375 *p. avec* 37 *fig. de la* Nouvelle Collection Scientifique (*Prix :* 4 *fr.* 90). *Librairie Félix Alcan, Paris,* 1919.

Le rôle extrêmement important joué par le Professeur Soddy dans le développement des recherches sur la Radioactivité le désignait particulièrement pour résumer d'une manière intéressante l'état de nos connaissances sur cette question. Il est en effet l'auteur, en commun avec le Professeur Rutherford, de la théorie fondamentale des transformations radioactives qui s'est montrée si féconde dans les recherches de Radioactivité et a été parfaitement vérifiée dans toutes ses conséquences ; il découvrit aussi avec Ramsay la production de l'hélium par le radium et, dans ces dernières années, contribua grandement à l'établissement définitif des relations entre les éléments radioactifs, et de leur place dans la classification périodique des éléments, en introduisant la notion d'*éléments isotopes* et en précisant les changements de propriétés chimiques qui accompagnent la formation de nouveaux éléments radioactifs par l'émission de particules α ou β. C'est donc un des maîtres de la nouvelle Science, et M. Borel a été bien inspiré en faisant traduire son livre, paru en anglais sous le titre « *The Interpretation of Radium* », pour la *Nouvelle Collection Scientifique.*

Ce livre fut primitivement la reproduction d'une série de conférences faites à l'Université de Glasgow et il a gardé de son origine un caractère démonstratif extrêmement marqué. L'auteur ne veut pas seulement exposer les recherches faites en Radioactivité : il veut convaincre de la réalité des phénomènes si nouveaux et si inattendus et de la nécessité des théories adoptées pour les expliquer.

Il débute en rappelant que les découvertes primordiales furent faites à Paris par Becquerel, Pierre Curie et Mme Curie, et insiste particulièrement sur le rôle des premières recherches de Mme Curie qui ont établi que les phénomènes radioactifs constituent une propriété atomique de la matière. Il développe ensuite le beau roman des découvertes sensationnelles maintenant classiques : celle du radium, sa préparation à l'état pur, la radioactivité induite, l'émanation, la production de l'hélium, les divers rayonnements et leurs propriétés fondamentales, la grandeur de l'énergie produite, les hypothèses nécessaires sur la transformation des atomes, etc., puis le classement parfait de cette accumulation de phénomènes les plus divers par des théories entièrement nouvelles, pour aboutir à la création d'une nouvelle Science, absolument distincte, avec des relations et des applications dans tous les ordres de connaissances : Physique, Chimie, Biologie, Médecine, Géologie, Cosmogonie, etc.

L'exposé du Professeur Soddy n'est pas seulement un ouvrage de haute vulgarisation ; il peut être considéré aussi comme un véritable livre d'enseignement. Il ne comporte aucun développement mathématique, et cependant toutes les notions théoriques fondamentales sont clairement exprimées, toutes les questions intéressantes sont suffisamment développées. S'il peut être lu sans difficulté par le public instruit, les étudiants y trouveront aussi une base solide des connaissances qui leur sont nécessaires. Les problèmes généraux soulevés par les découvertes faites en Radioactivité, qui vont de la constitution intime des atomes aux problèmes de Géologie et à l'évolution de l'Univers, sont traités avec autorité, d'une manière qui intéressera aussi bien les spécialistes que les autres catégories de lecteurs. Enfin la discussion des expériences et des phénomènes est toujours vivante et souvent pittoresque, les démonstrations élémentaires des théories sont intéressantes et le livre, très bien traduit par M. Lepape, est d'une lecture facile et agréable.

Le Professeur Soddy a fait une revision de son livre pour la traduction française et a ajouté un nouveau chapitre sur la constitution intime de l'atome. M. Le-

pape, qui a une connaissance approfondie de la question, a rédigé un appendice réunissant les dernières découvertes, de telle façon que l'on peut considérer ce petit livre comme un résumé complet de nos connaissances sur le sujet.

Il aura certainement le plus grand succès et tiendra dignement sa place dans la *Nouvelle Collection Scientifique*, à côté du beau livre *Les Atomes* de Perrin, qu'il complète très heureusement.

A. Debierne,
Professeur à l'Ecole de Physique et de Chimie de la Ville de Paris.

De Forcrand (R.), *Correspondant de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences, Directeur de l'Institut de Chimie de l'Université de Montpellier.* — **Cours de Chimie**, *à l'usage des Etudiants P. C. N. et S. P. C. N. Deuxième Edition.* — *2 vol. in-8° de* VIII-438 *p. avec* 26 *fig. et* 528 *p. avec* 34 *fig.* (*Prix : 28 et 36 fr.*). *Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, Paris,* 1918 *et* 1919.

La nouvelle édition du Cours de Chimie de M. de Forcrand, à l'usage des étudiants P. C. N., a été complétée en vue du programme du P. C. N. supérieur. Elle forme deux volumes ; le premier comprend l'étude de Généralités et de la Chimie minérale, le second est réservé à la Chimie organique, à la Chimie analytique et à des exercices de calcul.

Le tome premier est divisé en trois parties. La première, où sont développés d'une manière assez sommaire l'hypothèse moléculaire, les phénomènes réversibles, les principes fondamentaux physico-chimiques, les lois de la chimie et la détermination du nombre proportionnel, etc., est mise à la portée des débutants.

La seconde partie comprend l'étude des métalloïdes classés d'après leur valence par rapport à l'hydrogène, et la troisième, celle des métaux.

L'étude systématique de chaque élément et de ses divers composés est faite avec de nombreux détails et une précision qui montrent la grande valeur scientifique de l'auteur. L'enseignement d'une science aussi importante et aussi vaste que la Chimie ne peut se faire d'une manière précise et intéressante, s'il n'est accompagné des travaux et des conseils dictés par la pratique du laboratoire. Sans cela, on est entraîné, par défaut d'observation et d'expérience, à répéter les erreurs qui se propagent dans les traités précédents. Les travaux de M. de Forcrand sont un sûr garant du livre qu'il a publié.

Peut-être l'intérêt de ce cours aurait-il augmenté, si l'auteur avait introduit dès le début la théorie des ions et montré le rôle que jouent ces derniers dans l'explication de l'acidité ou de la basicité d'un grand nombre de sels.

On peut penser également qu'une étude industrielle plus développée ajoutée à certains chapitres n'eût pas manqué d'éveiller la curiosité des élèves. Pour ne citer qu'un exemple, la synthèse directe de l'ammoniaque, l'obtention de ce corps à partir de la cyanamide ou du nitrure d'aluminium, dont l'importance industrielle s'est révélée pendant la guerre, auraient pu faire l'objet d'une mention spéciale. Il en est de même des procédés de synthèse de l'acide azotique qui ne manqueraient pas d'intéresser les lecteurs. Peut-être que — les programmes sont si bizarres — le côté industriel doit être banni des études du P. C. N.

Le tome II comprend deux parties : l'une est relative à l'étude de la Chimie organique, l'autre traite de l'analyse chimique minérale qualitative et quantitative, volumétrique, de l'analyse des gaz et des matières organiques et se termine par un choix judicieux de problèmes, accompagnés de leurs solutions.

M. de Forcrand a reporté ici l'étude du carbone et de ses combinaisons oxygénées qu'il considère comme formant la première fonction chimique. Puis il décrit les différentes fonctions : hydrocarbures, alcools, phénols, éthers, aldéhydes..., albuminoïdes. Pour chacune d'elles, il fait l'étude de tous les composés de même nature, à la suite les uns des autres. Par exemple, pour la fonction hydrocarbure, on trouve un chapitre comprenant la description, préparations et propriétés de tous les composés ne contenant que du carbone et de l'hydrogène, depuis les carbures forméniques jusqu'aux terpènes en passant par les éthyléniques, acétyléniques, cyclaniques, aromatiques et condensés. Le chapitre des alcools traite de tous les alcools aliphatiques et aryliques et des polyalcools jusqu'aux sucres, etc. Cette manière d'envisager l'enseignement de la Chimie organique peut avoir des avantages. Mais on peut se demander s'il ne vaudrait pas mieux diviser l'étude de chaque fonction, en développant d'abord au début la série des fonctions simples : hydrocarbures forméniques, alcools monoatomiques, aldéhydes, acétones, acides monobasiques, etc., pour passer ensuite aux fonctions multiples.

A cette méthode, correspond l'avantage d'exercer l'élève à une gymnastique de l'esprit en l'habituant peu à peu à passer des formules simples à des formules plus compliquées. En outre, n'y a-t-il pas à craindre que l'étude interminable de tous les hydrocarbures, ou de tous les alcools, ne devienne fastidieuse?

Il faut cependant penser que nos vues ne doivent pas être parfaites; puisque d'autres auteurs ont suivi également la classification adoptée par M. de Forcrand. Dans tous les cas, la simplicité et la clarté avec lesquelles les divers chapitres de la Chimie organique sont développés méritent d'être signalés.

Dans son ensemble, ce cours de Chimie présente une parfaite homogénéité. Il est le fruit d'un long travail, fait avec un souci particulier de la vérité scientifique. Mis à la portée de jeunes débutants en Chimie, il sera consulté par tous ceux qui, au commencement de leurs études, rencontreront des difficultés.

A. Mailhe,
Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

3° Sciences naturelles

Boulanger (Henri). — **Industrie du cuir. Les peaux des Bovidés coloniaux.** *Lettres-préfaces de MM. les Sénateurs du Nord et de M. le Gouverneur général* Angoulvant. — *1 vol. in-8° de 64 p., avec 46 reproductions photographiques et 4 cartes. Emile Larose, éditeur, 11, rue Victor-Cousin, Paris,* 1919.

Une vérité que ce livre rend évidente pour le cuir, et qui l'est pareillement pour beaucoup d'autres matières premières, c'est que nos colonies peuvent nous fournir abondamment les produits qui nous font défaut aujourd'hui pour la reprise de notre vie économique.

En ce qui concerne le cuir, M. Henri Boulanger, qui dirige une importante manufacture à Lille, est des plus compétents pour mettre cette vérité en relief, d'autant plus qu'il a spécialement étudié dans sa propre entreprise le travail des cuirs coloniaux et qu'il s'est déjà fait connaître dans les milieux scientifiques et industriels par une série d'importants travaux sur la question. Son livre demande à être lu à la fois dans la métropole pour démontrer à nos industriels quel parti considérable peut être tiré des peaux des Bovidés d'outre-mer, et dans nos colonies pour apprendre aux colons et aux indigènes toutes les précautions qui doivent être apportées dans la préparation de ces peaux pour assurer leur valeur et leur conservation.

En dehors du haut intérêt public qu'offre ce volume, il est très digne aussi de fixer l'attention au point de vue scientifique, et il montre une fois de plus combien la science fournit des bases indispensables pour l'utilisation pratique et la mise en valeur des produits naturels.

M. H. Boulanger consacre en effet toute une partie de son livre à des notes technologiques sur la peau et sur le cuir, et il expose avec beaucoup de clarté et d'une façon scientifique en même temps que pratique ce qui les distingue l'un de l'autre. Il montre comparativement, d'après les données fournies par le microscope, en quoi diffère la contexture de la peau et du cuir, c'est-à-dire

quelles sont, dans la peau, les transformations de la matière qui se produisent par les diverses opérations du tannage. Puis il passe en revue les différentes races des Bovidés coloniaux : les Taurins, ne comprenant que le genre *Bos*, les Bibovins ou zébus, les Bubalins ou buffles, et il indique les caractères qui les distinguent. Nous trouvons aussi d'utiles indications sur les ressources en Bovidés de nos principales colonies, et l'on peut juger de leur importance.

L'auteur examine ensuite, au point de vue industriel, les différents procédés de préparation des peaux, afin de faire ressortir les avantages et les inconvénients de chacun. Il montre combien, faute de soins, les peaux sont dégradées, il parle des dégâts causés par les insectes dont il cite les espèces sur les peaux mal préparées, et il indique par quels moyens pratiques on peut éviter de faire perdre aux peaux leur valeur industrielle.

Les reproductions photographiques nous montrent les diverses espèces de Bovidés et font apparaître d'une façon saisissante tout le dommage que causent aux peaux exotiques leurs mauvaises préparations.

G. Regelsperger.

4° Sciences médicales

Janet (Pierre), *Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France.* — **Les Médications psychologiques.** (Etudes historiques, psychologiques et cliniques sur les méthodes de la psychothérapie.) — 3 *vol. gr. in-8° de* 346, 308 *et* 494 *p.* (*Prix* : 13 fr. 20, 13 fr. 20 *et* 20 fr.). *Librairie F. Alcan*; *Paris*, 1919.

Voici le plus important ouvrage de Psychologie qui ait été publié en France depuis la conclusion de la paix. Prêt à paraître dès 1914, il doit aux difficultés d'impression résultant des événements un retard dont on ne sait s'il faut se plaindre : car l'œuvre de M. Pierre Janet mérite une sérieuse attention que nul n'aurait eu le loisir de lui accorder pendant les années de guerre.

Ce qui fait l'unité de ce travail, c'est proprement la thérapeutique psychologique, c'est-à-dire une recherche à tendance pratique des moyens de soulager un certain nombre de maladies en utilisant les résultats acquis par la science psychologique. Voici la définition de la psychothérapie proposée par M. Janet dans sa conclusion (tome III, page 464) :

« La psychothérapie est un ensemble de procédés thérapeutiques de toutes espèces, aussi bien physiques que moraux, applicables à des maladies aussi bien physiques que morales, procédés déterminés par la considération de faits psychologiques observés antérieurement et surtout par la considération des lois qui règlent le développement de ces faits psychologiques et leur association, soit entre eux, soit avec des faits physiologiques. En un mot, la psychothérapie est une application de la science psychologique au traitement des maladies. »

On voit combien le sujet est vaste, combien il embrasse et combien il côtoie de problèmes de tous ordres; au reste, laissons la parole à l'auteur (t. I, pp. 3-6) :

« Trois groupes d'études ont été ici réunis autour d'un même sujet, celui de la thérapeutique psychologique. Le premier groupe... est surtout constitué par des études historiques sur les recherches et les pratiques qui ont joué un grand rôle dans la formation de ces thérapeutiques et qui méritent de conserver une place dans l'histoire de la Médecine et dans l'histoire de la Psychologie...

« Le deuxième groupe d'études peut être considéré comme un ensemble de recherches psychologiques sur un certain nombre de notions indispensables au psychothérapeute, notions qui reviennent constamment dans les ouvrages de ce genre et qui sont rarement précisées. Les faits et les idées qui sont contenus dans les mots *suggestion, hypnotisme, désinfection morale, repos, isolement, réveil de la sensibilité, excitation, etc.*, ne peuvent évidemment pas être analysés ici complètement, car ils exigeraient un traité complet de Psychologie. Mais il n'est pas impossible d'éliminer quelques interprétations vagues et inexactes qui permettent trop souvent de reproduire indéfiniment les mêmes faits sous des noms différents, et de proposer pour quelques-uns de ces mots sinon des définitions, au moins des significations capables d'apporter un peu de clarté dans ces études. J'ai insisté particulièrement sur certaines conceptions qui me paraissent particulièrement utiles dans la psychologie médicale, sur les idées de force et de faiblesse psychologiques, de tension et de dépression psychologiques et sur les influences qui agissent sur les unes ou sur les autres. Dans le chapitre qui étudie le rôle de l'isolement, j'ai essayé de traiter ce problème important de la fatigue que les hommes se causent les uns aux autres, de la dépense qu'exigent les relations sociales, de l'action appauvrissante qu'exercent les individus antipathiques. Dans les chapitres consacrés à l'excitation, je me suis préoccupé du problème inverse de l'excitation par la société, de l'enrichissement par la direction, du bénéfice qu'apportent les individus sympathiques. On ne se figure pas le nombre de problèmes moraux que soulèvent les plus simples études de psychiatrie et la richesse de documents intéressants que nous apportent les moindres observations de maladie mentale.

« C'est pourquoi les recherches précédentes sont complétées par un nombre assez considérable d'observations cliniques portant sur ces diverses psycho-névroses que l'on désigne sous les noms de neurasthénie, d'hystérie, de psychasthénie, de cyclothymie, de démence précoce... Les observations de malades présentant divers troubles de ce genre que j'accumule depuis plus de trente ans avec la passion d'un collectionneur sont devenues très nombreuses : elles dépassent maintenant le nombre de 3.500. Un très grand nombre de ces malades ont été suivis pendant des années, quelques-uns pendant quinze et vingt ans. Sur la plupart de ces malades j'ai essayé pendant des années d'appliquer tantôt l'une, tantôt l'autre de ces méthodes psychothérapiques dont j'ai étudié ici l'historique et le principe... Il y a là une sorte de vérification expérimentale de la valeur de tel ou tel procédé qui apporte un complément important, une illustration aux études précédentes sur la psychothérapie. »

Ainsi, autour de la préoccupation psychothérapique qui est le centre de l'ouvrage, se groupent un nombre considérable d'études historiques, critiques, et philosophiques, d'observations cliniques, de conclusions thérapeutiques du plus haut intérêt. Nous ne pouvons les aborder toutes dans le cadre de ce compte rendu. Signalons un historique complet de la discussion des Ecoles de la Salpêtrière et de Nancy ; pour la première fois nous pouvons suivre cette célèbre querelle jusqu'à sa conclusion, qui fut la victoire de l'Ecole de Nancy ; nous ajouterons avec M. Janet cette remarque, qu'à une période d'enthousiasme exagéré et de généralisations hâtives a succédé une période de gêne, de silence calculé et de discrédit non moins injustifiés à l'égard des phénomènes si réels, si singuliers et si précieux de l'hypnotisme et de la suggestion.

Cette étude historique amène M. Janet à reviser les conclusions de ses travaux classiques sur l'automatisme psychologique. De sa définition de la suggestion comme « une réaction particulière à certaines perceptions, consistant dans l'activation plus ou moins complète de la tendance évoquée sans que cette activation soit complétée par la collaboration du reste de la personnalité » (t. I, p. 212), l'auteur fait la critique suivante :

« Je serais tenté de m'adresser maintenant à moi-même la même critique que j'ai adressée si souvent à M. Bernheim, celle de définir la suggestion par un caractère qui lui convient sans doute, mais qui convient aussi à beaucoup d'autres faits et qui est beaucoup trop banal. Sans doute les suggestions sont des phénomènes automatiques, des actions presque complètes, auxquelles manque le dernier degré de l'activation parfaite ; mais ce caractère se retrouve dans beaucoup d'autres faits psychologiques » (t. I, pp. 213-4).

A la suite d'une analyse du développement des tendances supérieures, et en particulier de cette dissociation du langage et de l'action qui, selon l'auteur, constituerait la pensée; et en conséquence d'une loi psychologique qu'il énonce ainsi : «... les actions de tension supérieure demandent pour être accomplies infiniment plus de force que les actes de tension inférieure. Quand la force du sujet est insuffisante pour l'accomplissement de l'acte supérieur, elle est encore largement suffisante pour accomplir l'acte inférieur : il semble même qu'il y a une décharge violente quand on passe de l'un à l'autre » (t. I, p. 226), — M. Janet complète sa première définition de la suggestion par les conditions suivantes :

« 1° La suggestion n'est possible que chez des esprits qui présentent momentanément ou d'une manière plus ou moins durable une dépression de profondeur moyenne atteignant le niveau des tendances réalistes et rendant la réflexion lente, difficile et courte;

« 2° Elle peut survenir quand une circonstance a fait naître une idée à un moment où la réflexion ne pouvait s'éveiller ou quand une circonstance a fait pénétrer cette idée trop rapidement pour que la réflexion lente ait le temps de s'activer ;

« 3° Elle peut survenir également quand l'idée est maintenue assez longtemps dans l'esprit pour que la tendance à la réflexion soit épuisée avant de pouvoir arriver à une conclusion » (t. I, p. 256).

Notons que le mot *tendances réalistes*, déjà employé par M. Janet dans le cours professé au Collège de France en 1913-1914, désigne les opérations supérieures par lesquelles une action s'adapte aux tendances profondes de la personnalité, tandis qu'inversement la personnalité se transforme en absorbant l'action, en l'intégrant dans son développement psychologique.

Quant à l'hypnotisme, M. Janet en donne la définition suivante, saisissante de simplicité :

« L'hypnotisme, qui est sorti graduellement de l'ancien magnétisme animal, n'est pas autre chose que la production artificielle du somnambulisme. Il peut se définir une transformation momentanée de l'état mental d'un individu, déterminée artificiellement par un autre homme et suffisante pour amener des dissociations de la mémoire personnelle » (t. I, 270-1).

Il faut nous borner à signaler la place des autres problèmes traités dans le plan de l'ouvrage. Empruntons ce résumé à l'introduction du premier volume :

« Les principales divisions de cet ouvrage correspondent à un certain progrès qui me semble apparent dans la succession des méthodes psychothérapiques. Les premiers traitements de ce genre ont été très généraux et très vagues, ils se bornaient à exercer sur le sujet une *action morale* quelconque. Puis la psychothérapie... est devenue plus spéciale et a fait appel aux mécanismes latents, aux tendances préorganisées, elle a été *l'utilisation de l'automatisme*. Une conception déjà plus avancée s'est préoccupée des dépenses qu'exige l'activité humaine et en ordonnant le repos et l'isolement a organisé *l'économie* des forces de la pensée. Enfin, si on ne craint pas les conceptions encore plus aventureuses, la psychothérapie a cherché à augmenter les forces insuffisantes par des spéculations heureuses, par des *acquisitions* nouvelles » (t. I, p. 6-7).

L'étude de la *recherche de l'action morale* comporte l'historique du magnétisme mesmérien, de la « Christian Science », de la moralisation médicale du Dr Dubois (de Berne).

La deuxième partie (*utilisation de l'automatisme*) parcourt l'histoire de la suggestion et de l'hypnotisme, et en fait une critique détaillée dont nous avons signalé plus haut les conclusions.

La troisième partie (*les économies psychologiques*) étudie, tant historiquement qu'avec l'aide des observations cliniques personnelles de l'auteur, le traitement des névroses par le repos, par l'isolement et par la « liquidation morale ». Ce dernier terme fait allusion aux souvenirs traumatiques et à la psycho-analyse de Freud, qui semble bien une déformation hyperbolique de conceptions psychologiques françaises : la critique souvent mordante qu'en fait M. Janet relève à juste titre dans la méthode viennoise un esprit délibérément systématique, un mélange singulier de la médecine avec la métaphysique, et aussi un vocabulaire trop symbolique pour laisser prise à la critique des faits, qui sont inconciliables avec la vérité scientifique.

La quatrième partie (*les acquisitions psychologiques*) traite des méthodes psycho-thérapeutiques qui ont l'ambition d'augmenter les forces psychiques par un appel judicieux aux réserves d'énergie, par le regroupement des tendances, par la découverte de sources nouvelles. Ce sont les rééducations, les aesthésiogénies (dans le somnambulisme complet et l'hystérie), les traitements par l'excitation (impulsions, activité sociale, sentiment de « triomphe » provoqué par l'action réussie), les médications psycho-physiologiques, les directions morales (où la personnalité du médecin joue le rôle principal). Le chapitre sur les « traitements par l'excitation » est le plus riche, le plus neuf, et sans contredit celui qui ouvre le plus d'horizons sur le rythme de la vie psychologique normale. La quatrième partie dans son ensemble est celle qui résume la plus grande somme d'observations cliniques personnelles à l'auteur ; elle se termine par le raccourci historique et... prophétique suivant :

« L'évolution des connaissances humaines suit rarement une marche logique : les applications qui devraient dériver des théories et des sciences les précèdent souvent et les dirigent... Le médecin a fait tout à coup appel à la Psychologie et lui a demandé de lui rendre des services auxquels elle n'était pas du tout préparée. Elle s'est montrée insuffisante à sa tâche et c'est ce qui a jeté le discrédit sur la psychothérapie elle-même. Mais cet insuccès l'a forcée d'entreprendre des études nouvelles à de tout autres points de vue, ce qui l'a entièrement régénérée.

« C'est le sentiment de ces lacunes de la Psychologie qui m'a poussé à insister dans cet ouvrage sur l'interprétation de certaines notions psychologiques particulièrement importantes au point de vue de la thérapeutique... A tort ou à raison, je fonde de grands espoirs, aussi bien pour la science psychologique que pour la psychothérapie qui doit en faire l'application pratique, sur l'étude de ces caractères de la conduite que l'on peut appeler les degrés de force et de tension psychologiques, sur l'étude des diverses oscillations de l'activité mentale...

« En un mot cet ouvrage, tout incomplet qu'il soit nécessairement aujourd'hui, essaie d'aborder un problème encore bien peu connu, le problème de l'administration économique des forces de l'esprit. Il est probable qu'un jour on saura établir le bilan et le budget d'un esprit, comme on établit ceux d'une maison de commerce. A ce moment, le médecin psychiatre sera capable de bien utiliser de faibles ressources en évitant les dépenses inutiles et en dirigeant l'effort exactement au point nécessaire; il fera mieux : il apprendra à ses malades à augmenter leurs ressources, à enrichir leur esprit... » (t. III, pp. 468-9-70).

Nous nous en voudrions d'émettre un jugement d'ensemble sur un ouvrage aussi vaste et aussi multiple; notre résumé montre que, sur chacune des nombreuses questions soulevées, M. Pierre Janet, après avoir travaillé pendant une longue suite d'années, fait œuvre d'historien, de critique et de théoricien ; la modération équilibrée des critiques, la pénétration lucide des conclusions imposent avant tout le respect. Nous nous trouvons devant le couronnement des patients travaux d'un grand médecin de l'âme.

MICHEL SOURIAU,
Agrégé de l'Université.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 15 Mars 1920

M. L. Lindet est élu membre de la Section d'Economie rurale. — Sir **J. Larmor** est élu correspondant pour la Section de Géométrie.

1° Sciences mathématiques. — **M. G. Gouy** : *Sur les courants gazeux dans l'intérieur du Soleil.* D'après l'opinion commune, ce sont les courants de convection qui transportent la chaleur de l'intérieur du Soleil à sa surface. Plusieurs savants ont soutenu l'opinion contraire, considérant de tels courants comme impossibles, soit à cause d'une certaine rigidité qui existerait dans le Soleil, soit à cause de la grande viscosité des gaz de la masse solaire. L'auteur montre toute l'invraisemblance de la première idée; quant à la seconde, pour empêcher le transport de la chaleur dans le Soleil par convection, il faudrait que la viscosité dépassât de loin toutes les valeurs mesurées, et même sans doute celles que donneraient plusieurs corps regardés comme solides. Aucune base d'évaluation n'existe qui permette de supposer qu'il puisse en être ainsi, même aux pressions de l'intérieur du Soleil. — **M. J. Rouch** : *La hauteur des vagues de la mer.* Au cours de l'Expédition antarctique du Dr Charcot sur le *Pourquoi pas?* (1908-1910), l'auteur a mesuré la hauteur des vagues de la mer à l'aide du statoscope enregistreur. Le statoscope est un baromètre très sensible qui permet de déterminer à peu près instantanément et d'une façon très précise les petites variations d'altitude, à condition que la pression barométrique reste sensiblement constante pendant l'expérience. La hauteur des vagues a varié de 2 à 10,5 mètres suivant la force du vent; les vagues d'une hauteur supérieure à 10 mètres sont rares dans l'Atlantique et les mers australes.

2° Sciences physiques. — **M. Ad. Braly** : *Nouveau procédé simple et rapide permettant de recueillir et de caractériser les enduits produits par les métalloïdes et les métaux susceptibles de se volatiliser au chalumeau.* Les produits sont grillés sur de petites lames de mica ou dans des capsules de charbon; les enduits viennent se former sur une feuille mince de mica placée à 2,5 mm. environ. Les éléments suivants : Hg, As, Se, Te, Sb, Cd, Zn, Pb, Bi, Sn, Tl, Ge, In, produisent dans ces conditions des enduits caractéristiques dont la nature peut être précisée à l'aide des réactions de Bunsen légèrement modifiées. — MM. **Ed. Bourquelot** et **Bridel** : *Recherche et caractérisation du glucose dans les végétaux par un procédé biochimique nouveau.* La méthode employée par les auteurs est le procédé renversé de recherche des glucosides par l'émulsine. On sait en effet que l'action de l'émulsine est réversible : si l'on en ajoute à une solution de glucose dans un alcool, il y aura glucosidification de l'alcool. Les autres sucres réducteurs voisins du glucose : mannose, lévulose, arabinose, ne donnent pas cette réaction. Par ce moyen, les auteurs ont mis en évidence la présence de glucose dans les baies de genévrier et dans les produits retirés de l'Orchis à odeur de bouc.

3° Sciences naturelles. — **M. O. Mengel** : *Deux anciennes lignes de rivage du Roussillon; leurs relations avec deux périodes glaciaires.* Au mouvement qui porta les eaux à 280 m. sur la côte du Roussillon succéda assez rapidement la phase inverse de la pulsation post-pliocène, et la mer commença à se retirer jusqu'au littoral de 100 m., pendant que des précipitations aqueuses intenses provoquaient la débâcle de la première calotte glaciaire. Un régime plus froid s'établit, auquel est liée une deuxième glaciation envoyant des moraines jusqu'à 400 m. La mer du littoral de 100 m. reprend sa régression; les pluies recommencent et une nouvelle débâcle se produit. La régression, d'abord lente jusqu'à 75 m., s'accentue ensuite, laissant en arrière, à 75 m., un cordon de lacs littoraux, bientôt colmatés par le ruissellement. Les eaux, un instant stationnaires à la cote 30, se retirent ensuite définitivement. — **M. H. Hubert** : *Les roches à facies granitique associées aux diabases du massif de Doualé (Haut Sénégal et Niger).* Un vaste massif diabasique s'étend sur 200 km. de longueur au nord de Bafoulabé. Une des particularités de ce massif est la présence, au milieu des diabases, d'affleurements très localisés de roches à facies granitique, constituées par de l'ilménite, de la biotite, de l'albite, du quartz et de la micropegmatite. L'individualisation des types à facies granitique paraît être le développement, localement exagéré, de la micropegmatite qui se rencontre normalement dans les diabases de la région. — **M. P. Bugnon** : *Origine des faisceaux libéro-ligneux transverses formant un lacis aux nœuds des Graminées.* C'est par un changement brusque de direction des faisceaux longitudinaux de trace foliaire au cours de leur différenciation vers le bas, que se forment, dans les nœuds des chaumes de Graminées, ces faisceaux transverses sans rapport avec des bourgeons axillaires que Mangin, Strasburger ont observés sans expliquer leur production et auxquels Mohl attribuait une origine indépendante, due à l'activité d'un méristème secondaire naissant dans les diaphragmes nodaux. — **M. L. Blaringhem** : *Production par traumatisme d'une forme nouvelle de Maïs à caryopses multiples* (Zea Mays *var.* polysperma). L'auteur a obtenu, parmi les lignées de Maïs dérivées de grains développés sur une inflorescence terminale (fasciée par conséquent), une forme nouvelle de maïs offrant l'hérédité du caractère de fascie jusque dans les organes reproducteurs. C'est un exemple typique d'hérédité de caractères acquis. — **M. J. Barlot** : *Sur la détermination d'Amanites vénéneuses à l'aide de réactions colorées.* L'*Amanita phalloïdes*, au contact de l'acide sulfurique ordinaire, se colore en violet; l'*A. pantherina*, traitée par une dissolution de potasse, devient jaune orange vif; l'*A. citrina* et sa variété *mappa*, sous l'action de l'acide nitrique, se teintent instantanément en vert brun intense; toutes ces réactions sont caractéristiques. De plus, des fragments du péridium ou du stipe des trois Amanites mortelles, traités par une goutte de sang frais additionné de ferricyanure de K, donnent une coloration noire au bout de quelques minutes; les autres Amanites ne donnent rien. — MM. **Ch. Nicolle**, **A. Cuénod** et **G. Blanc** : *Reproduction expérimentale du trachôme (conjonctivite granuleuse) chez le lapin.* Le lapin est sensible au virus trachomateux. L'incubation est chez lui de 11 à 13 jours; l'éruption se généralise aussitôt sous forme de granulations disposées souvent en placards; elles persistent au moins 60 jours, et tendent alors à la guérison. Deux passages par lapins ont été réalisés avec deux virus différents. La sensibilité du lapin au virus trachomateux est de nature à rendre plus aisée l'étude expérimentale de la conjonctivite granuleuse. — MM. **A. d'Arsonval**, **F. Bordas** et **Touplain** : *La purification électrique de l'air.* Les auteurs ont essayé de purifier de l'air chargé de fumées et de poussières en le faisant passer dans un tube en verre de 20 cm. de diamètre et de 1 m. de hauteur pourvu d'un fil axial porté à un potentiel négatif de 25 à 30.000 volts en courant continu; ils ont obtenu une précipitation de 95 à 97 % des particules. Pour capter les germes microbiens circulant dans l'atmosphère, les auteurs ont fait usage d'un tube métallique cylindrique en cuivre de 1 m. de longueur, avec ruissellement d'eau sur la paroi intérieure, et d'un fil axial porté à une tension élevée. L'air traversant l'appareil à la vitesse de 2 m. à la seconde, et soumis à l'action d'un courant de 50.000 volts, ressortait absolument stérile; mais il est probable qu'à l'action de précipitation s'ajoute l'action de stérilisation due à

l'ozone formé dans l'appareil. — M. R. **Cambier** : *Sur l'épuration des eaux d'égout par les boues activées.* On sait que la boue d'égout, soumise à des alternatives d'aération et de repos, acquiert peu à peu la propriété d'épurer l'eau d'égout avec laquelle on la met en contact en présence d'air. L'auteur montre que, même à 0°, l'épuration est complète, la nitrification étant simplement retardée; à 5°, elle est complète en 4 h.; elle atteint son maximum d'activité à 20°-25°, et elle est encore très satisfaisante à 30°. A 36°, qui est cependant la température optima de la fermentation nitrique vraie, on n'observe plus de formation d'acide nitrique et l'eau d'égout n'est plus modifiée dans son aspect. L'acide nitreux ne se manifeste en quantité appréciable qu'au-dessus de 30°.

Séance du 22 Mars 1920

M. M. **Laubeuf** est élu membre de la Division des applications de la Science à l'Industrie.

1° Sciences mathématiques. — M. Ch. **Frémont** : *Du rendement dans le sciage à main des métaux.* L'auteur a construit, pour guider le sciage à main des métaux et éviter le coïncement de la lame, un support pendulaire qui permet une plus grande course de la lame que celle que fournit habituellement l'ouvrier appuyant d'une main sur chaque extrémité du porte-scie. Avec cet appareil, on a réalisé dans le sciage des rails un tiers d'économie sur la main-d'œuvre. Les résultats obtenus montrent que, comme dans le limage, l'ouvrier produit d'autant plus qu'il attaque à la fois une surface moindre de métal, cette surface, dans le sciage, étant le produit de la largeur du trait de scie par sa longueur.

2° Sciences physiques. — MM. G. **Reboul** et L. **Dunoyer** : *Sur l'utilisation des cirrus pour la prévision du temps.* De leurs observations faites à la Station du plateau de Malzéville, les auteurs tirent les conclusions suivantes : 1° L'apparition de cirrus en un point indique l'existence d'une dépression dans le voisinage plus ou moins immédiat de ce point ; 2° La direction de déplacement des cirrus indique la direction dans laquelle se trouve la dépression ; 3° La direction de déplacement des cirrus indique la direction de marche de la dépression; 4° Des cirrus abondants indiquent, ou que la dépression est dans le voisinage du lieu d'observation, ou qu'elle est profonde. Cette règle des cirrus doit être restreinte aux régions du N et de l'E de la France; il faut l'employer concurremment avec d'autres règles. — M. V. **Bjerknes** : *Sur la température des hautes couches atmosphériques.* L'auteur montre par des considérations théoriques que la surface limite entre la stratosphère et la troposphère doit se trouver à un niveau plus élevé près de l'équateur que dans les régions polaires, conformément à ce qu'ont montré les sondages aérologiques. La même théorie lui permet également de trouver le résultat suivant : Au-dessus d'un cyclone, la surface limite entre la troposphère et la stratosphère présente une dépression, et au-dessus d'un anticyclone, par contre, une élévation. — M. J. **Vallot** : *Etalonnage en calories de deux actinomètres adaptés aux études d'héliothérapie et de climatologie agricole.* L'auteur a constaté que l'actinomètre dit d'Arago (composé de deux thermomètres dans le vide, l'un à boule brillante, l'autre à boule noircie) est parfaitement adapté à la technique de l'héliothérapie; pour avoir la radiation *totale* en calories, il suffit de multiplier la différence entre les deux thermomètres par un coefficient, propre à chaque instrument, et variant légèrement avec l'heure de la journée et la saison (on peut établir préalablement une table de coefficients). L'actinomètre à boule bleue de Bellani, étalonné par comparaison avec un actinomètre d'Arago, est d'autre part tout à fait adapté aux études de climatologie agricole. — MM. Ch. **Chéneveau** et R. **Audubert** : *Sur un néphélémètre.* Les auteurs ont montré qu'il y a entre le rapport I/I_0 de l'intensité de la lumière transmise par un milieu trouble à l'intensité de la lumière incidente, et la masse totale M des particules en suspension dans ce milieu, la relation :

$$\frac{I}{I_0} = 1 - e^{-\frac{B}{M^2}}.$$

Par application de cette formule, ils ont réalisé un néphélémètre très simple en compensant l'absorption du milieu trouble par l'absorption d'un prisme d'angle très faible, en verre à teinte neutre. Si x est le déplacement du prisme correspondant à la compensation pour une certaine épaisseur moyenne y du verre, le déplacement x est une fonction linéaire de la masse M. — M. P. **Job** : *Sur la constitution de deux amines cobaltiques.* La précipitation par la baryte des sulfates roséo et diroséo-cobaltiques se produit en deux temps, et la conductibilité des mélanges de solutions de ces sulfates et de baryte présente un minimum correspondant à la précipitation du tiers de l'acide sulfurique pour le sel de pentamine, des deux tiers pour le sel de tétramine. Ces faits et la préparation d'un sel nouveau $\left[Co^{(NH^3)^5}_{OH}\right] SO^4{}_2H^2O$ semblent donner une base expérimentale solide à la formule de constitution admise par Werner pour les sels roséo et diroséo et à son hypothèse sur leur hydrolyse. — MM. J. **Guyot** et L. J. **Simon** : *Combustion par le mélange sulfochromique des composés organiques renfermant du chlore.* Tandis que la combustion des hydrocarbures par le mélange sulfochromique est toujours très incomplète, celle des produits chlorés est pratiquement totale, sauf pour le pentachloréthane et surtout pour l'hexachloréthane où l'accumulation du chlore finit par s'opposer à la réaction. Les carbures acycliques saturés résistent plus encore que les carbures aromatiques ou cycliques saturés. — MM. A. **Haller** et R. **Cornubert** : *Sur la constitution de la diméthylcyclohexanone obtenue par méthylation de l'α-méthylcyclohexanone sodée.* D'accord avec MM. von Auwers et Krollpfeiffer, les auteurs ont constaté que leur diméthylcyclohexanone se condense, en majeure partie, avec l'aldéhyde benzoïque pour donner naissance à l'α-benzylidène-αα-diméthylcyclohexanone, F. 82°-82°.5; il en résulte nécessairement que leur diméthylcétone est dissymétrique. Indépendamment de ce dérivé cristallisé, il se forme, dans les opérations étudiées : 1° un isomère liquide, jaune et incristallisable; 2° deux autres produits cristallisés, F. 117°-118° et 188°-190°, répondant tous deux à la formule $C^{22}H^{24}O^2$. — MM. A. **Fernbach** et M. **Schoen** : *Nouvelles observations sur la production biochimique de l'acide pyruvique.* La présence de la craie dans les cultures de mycolevure n'a pas seulement pour effet une augmentation considérable des acides produits ; elle provoque, en outre, la formation d'un corps nouveau, l'acide pyruvique, dont on n'observe la production à aucun moment lorsque la culture peut s'acidifier. Si, au lieu d'un milieu minéral, on se sert d'un milieu sucré plus complexe, comme le moût de bière, on n'observe pas la formation d'acide pyruvique, même en présence de craie.

3° Sciences naturelles. — M. A. **Lacroix** : *Les roches éruptives du Crétacé pyrénéen et la nomenclature des roches éruptives modifiées.* Il n'existe actuellement dans le langage pétrographique aucune règle pour définir les roches ayant subi des transformations qui, tout en étant profondes, n'ont pas masqué leur origine éruptive. Deux cas sont à considérer : 1° la composition chimique et minéralogique originelle de la roche peut être reconstituée. Si le changement consiste essentiellement en un nouvel arrangement moléculaire (paramorphose), cette particularité peut être mise en évidence en faisant précéder le nom de la roche intacte du préfixe *para* (ex. : gabbro saussuritisé = *paragabbro*). Si la modification minéralogique est la conséquence d'une transformation chimique suffisante pour modifier le caractère magmatique, on utilisera, au contraire, le préfixe *méta* (ex. : laves à leucite de Trébizonde ayant pris la formule d'une andésite = *métaleucittéphrites*); 2° les transformations chimiques et minéralogiques sont telles que l'état primitif de la roche ne peut être reconstitué avec certitude

ou même reste indéterminé; on se servira alors du préfixe *épi*. L'auteur applique ces règles à la nomenclature de plusieurs roches pyrénéennes. — **M. C. A. Ktenas** : *Sur la zone hydrocarburée de la Grèce occidentale.* Les hydrocarbures connus en Grèce se présentent dans une zone bien caractérisée au point de vue stratigraphique et tectonique, qui se poursuit depuis la Messénie jusqu'à l'Albanie méridionale sur une longueur de 450 km. Cette zone coïncide avec le « système de la Grèce occidentale » de Philippson; il se caractérise par des plis alpins de direction NNO-SSE; la stratigraphie comprend un développement considérable du flysch, en partie crétacé, en majeure partie éocène. — **M. H. Lecomte** : *Sur la « structure étagée » de certains bois.* L'auteur désigne sous le nom de *bois étagés* ceux qui possèdent des rayons de hauteur sensiblement égale, disposés, dans une section longitudinale tangentielle du bois, de la même façon que les rangées régulières des fenêtres des étages d'une construction. Les bois *semi-étagés* sont ceux qui possèdent des rayons étroits étagés et des rayons larges non étagés. La disposition étagée se rencontre chez un grand nombre de bois des pays tropicaux, spécialement chez les Papilionées. Elle ne se manifeste qu'à une certaine distance de la moelle, c'est-à-dire dans le bois déjà arrivé à une épaisseur notable. — **M. P. A. Dangeard** : *La structure de la cellule végétale et son métabolisme.* L'auteur maintient et précise ses conclusions sur le cytoplasme de la cellule végétale, où il a distingué trois éléments : vacuome, plastidome et sphérome (voir t. XXX, p. 724). L'erreur de Guilliermond a été de comprendre, sous le nom de mitochondries, tous les éléments se comportant de la même façon par les méthodes dites mitochondriales : or ces éléments sont de nature très différente, malgré une constitution histochimique analogue; ce qui importe, c'est d'établir leur filiation et leur évolution. — **M. G. Nicolas** : *Sur la respiration des plantes parasitées par des champignons.* Au point de vue de l'intensité respiratoire, deux cas sont à considérer suivant la biologie du parasite : *a* (entophytes et subcuticulaires) : l'intensité respiratoire des organes parasités est plus élevée que celle des organes sains; *b* (ectophytes vrais et ectophytes à suçoirs) : l'énergie respiratoire des organes parasités est inférieure à celle des organes sains. Le quotient respiratoire des organes parasités est tantôt sensiblement le même que celui des organes sains, tantôt plus faible, tantôt plus élevé. — **M. H. Coupin** : *Sur le temps que la chlorophylle met à se développer à son maximum d'intensité à la lumière.* Le temps pour obtenir le verdissement maximum est de 1 à 5 jours pour les feuilles et les cotylédons, de 3 à 15 jours pour les axes hypocotylés et les tiges. Pour une même plante, les différents organes n'atteignent pas leur maximum de verdissement dans le même laps de temps. Dans aucun cas, le verdissement maximum ne s'est effectué en moins d'une journée, c'est-à-dire en moins d'une dizaine d'heures de clarté. — **M. P. Portier** : *Modifications du testicule des oiseaux sous l'influence de la carence.* La privation de vitamines produit des modifications importantes du testicule qui sont caractérisées essentiellement par un arrêt dans le fonctionnement de la glande et par des phénomènes d'involution qui aboutissent d'abord au ralentissement, puis à l'arrêt de la spermatogénèse, enfin à la résorption des spermatozoïdes, des spermatides et de nombreux noyaux. — **M. J. Athanasiu** : *Sur le prétendu pouvoir dynamogène de l'alcool.* L'auteur a constaté que le nombre des vibrations que les centres nerveux envoient aux muscles et la force de contraction de ceux-ci ont une tendance manifeste à diminuer sous l'influence de l'alcool, sans que l'on puisse constater, à un moment quelconque après son ingestion, une phase d'accroissement. Ces résultats viennent donc à l'appui des expériences d'autres auteurs et apportent une nouvelle preuve que l'alcool n'est pas un aliment utilisable par l'organisme. — **MM. J. E. Abelous et L. C. Soula** : *Action de la sécrétine sur le métabolisme.* L'action de la sécrétine a pour effet d'accroître les phénomènes d'autolyse, la désassimilation azotée, l'élimination minérale urinaire, d'augmenter les échanges respiratoires et le quotient respiratoire, la glycémie hépatique et de diminuer la teneur du foie en glycogène. Tous ces phénomènes variant dans le même sens indiquent une suractivité du métabolisme. — **M. J. Legendre** : *Rôle du bétail et de la basse-cour dans la défense contre la malaria.* De l'ensemble des recherches de l'auteur, il résulte que certains animaux domestiques : lapin, grands mammifères, jouent un rôle de premier ordre dans la protection de l'homme contre les piqûres des moustiques; les oiseaux à plumes n'ont aucune influence. — **M. F. Diénert** : *Sur la formation de la boue activée.* L'auteur a reconnu qu'on peut obtenir avec toutes les eaux des dépôts activés après une période d'activation plus ou moins longue.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 6 Mars 1920

M. F. d'Hérelle : *Sur le microbe bactériophage.* A la suite de la communication de M. Kabeshima (voir p. 194) attribuant le phénomène de la destruction des bactéries à l'action d'une diastase qu'il aurait isolée, l'auteur a refait les expériences de ce dernier et reconnu qu'elles sont entachées soit d'une faute de technique, soit d'une erreur d'observation. Le microbe bactériophage est incontestablement un ferment figuré, un microbe parasite des bactéries, et non pas un ferment soluble, une diastase. — **MM. B. G. Duhamel et R. Thieulin** : *Nouvelles recherches sur l'activité biologique des colloïdes. Crise hépatique.* L'injection intra-veineuse de solutions colloïdales électriques d'argent et d'or modifie le foie de telle façon que l'autolysat de cet organe acquiert une action empêchante sur les hémolysines *in vitro*, action constamment supérieure à l'action de l'autolysat du foie normal. — **M. J. Jacobson** : *L'action de l'alcool benzylique sur les substances albuminoïdes et sur les diastases.* L'alcool benzylique précipite et coagule les substances albuminoïdes, même en solution à 1 pour 1.000.000. L'alcool benzylique empêche l'action de certaines diastases : pepsine, pancréatine, lab-ferment, ferment lactique et levure de bière. — **M. Ed. Retterer** : *Du revêtement du condyle du maxillaire inférieur.* En suivant le développement et en étudiant l'adulte, l'auteur a reconnu que, dans l'articulation temporo-maxillaire, le condyle possède des couches profondes identiques à celles des autres diarthroses. Mais, sur ce condyle, le syncytium réticulé, homologue de la couche des cellules plates des autres diarthroses, non seulement persiste, mais demeure recouvert, chez l'adulte comme chez l'enfant, d'une couche fibreuse ou fibro-cartilagineuse. Il continue pendant toute la vie à produire, par sa face profonde, du cartilage hyalin, et par sa face superficielle, une couche fibreuse ou fibro-cartilagineuse. Le syncytium réticulé représente ainsi la couche génératrice et du cartilage sous-jacent et de la couche superficielle. — **M. A. Guilliermond** : *Sur la métachromatine des Champignons.* De ses dernières recherches, l'auteur conclut que la métachromatine se trouve généralement dans les vacuoles à l'état de solution et plus rarement sous forme de corpuscules. La métachromatine peut se condenser sous forme de corpuscules sous certaines influences encore mal connues; il semble que tout état pathologique de la cellule peut déterminer cette condensation; de plus, il paraît possible que des variations dans le degré d'acidité du suc cellulaire puissent intervenir. En effet, dans les vacuoles où le colorant vital fait apparaître des corpuscules, ceux-ci prennent avec le rouge neutre une teinte rouge cerise, et avec le bleu de Nil ils se teignent en bleu foncé, à peine métachromatique; au contraire, les vacuoles dont le contenu se colore uniformément, sans production de corpuscules, prennent une teinte rouge brique par le rouge neutre et rouge violacé par le bleu de Nil. La métachromatine possède la propriété de fixer énergiquement les colorants, qui paraissent former avec elle des combinaisons insolubles. Enfin les fixateurs

déterminent des condensations de la métachromatine en corpuscules, conformément à ce qu'a vu Dangeard. — **M. G. Blanc** : *Durée de conservation du virus de l'ictère infectieux chez le moustique* (Culex pipiens). Des moustiques infectés depuis plus de 24 h. sur cobaye ictérique ne sont pas virulents. Broyés et inoculés par voie sous-cutanée ou intrapéritonéale à un cobaye neuf, ils ne donnent ni ictère infectieux, ni immunité contre cette maladie. Le virus est détruit dans l'estomac du moustique ; on ne constate d'évolution du spirochète ni dans les organes digestifs ou génitaux, ni dans le coelome. La durée de conservation du virus est celle de la digestion du sang. Comme le moustique gorgé pique peu ou ne pique pas, il est légitime de penser que le *Culex pipiens* ne joue aucun rôle dans la transmission de l'ictère infectieux.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 22 Janvier 1920

1° Sciences mathématiques. — MM. **L. Bairstow**, **R. H. Fowler** et **D. R. Hartree** : *La distribution de la pression sur la coiffe d'un obus se mouvant à grande vitesse.* Les auteurs ont essayé de mesurer la distribution de la pression sur un corps se mouvant dans un gaz à des vitesses égales ou supérieures à celles du son (a) dans ce gaz. Le corps choisi est un obus tourné, se mouvant dans la direction de son axe de symétrie, et le gaz, l'air. La pression à une distance donnée de la pointe est communiquée à une chambre pratiquée dans la coiffe de l'obus, et déduite de la durée de combustion d'une traînée de poudre placée dans cette chambre, quantité qui peut être observée directement. Par une série d'observations de ce genre, on détermine la pression en un point donné de la coiffe en fonction du rapport des vitesses v/a, où v est la vitesse de l'obus par rapport à l'air. Les auteurs ont obtenu des courbes montrant la variation de la pression pour des valeurs de v/a allant de 0,04 à 1,4 et pour quatre positions différentes sur la tête de l'obus.

2° Sciences physiques. — MM. **W. H. Eccles** et **J. H. Vincent** : *Les variations de longueur d'onde des oscillations engendrées par les tubes thermo-ioniques à trois électrodes, dues à des changements du courant du filament, du voltage de la plaque ou de la grille, ou du couplage.* Quand on engendre des oscillations électriques soutenues dans un circuit comprenant une inductance et une capacité électrique au moyen d'un tube à vide thermo-ionique à 3 électrodes du genre employé en t. s. f., la fréquence des oscillations et la longueur d'onde de la radiation dépendent principalement des valeurs de l'inductance et de la capacité électrique, mais aussi en partie : de la résistance du circuit oscillant, des voltages des diverses batteries employées, de la température du filament fournissant les électrons, d'autres propriétés du tube à vide, et du couplage entre les portions du circuit associées à la grille et à l'anode. Les auteurs se sont proposé d'étudier expérimentalement les effets d'une altération de chacune des variables principales, dans le but de trouver les conditions les plus favorables à la production d'oscillations continues de fréquence constante. A cet effet, deux circuits ont été maintenus en oscillation à peu près à la même fréquence élevée, environ 120.000 vibrations par seconde, et l'on observait le battement auditif entre les deux fréquences. Des changements introduits dans un seul circuit causaient alors des modifications de fréquence mesurables par l'observation acoustique de la note de battement. Les recherches préliminaires ont montré que la variation du courant d'échauffement du filament est la source la plus fertile de variations erratiques de la fréquence. L'augmentation du courant du filament d'un des tubes produit, aux valeurs basses du courant, une diminution de la fréquence, et aux valeurs élevées un accroissement, tandis que pour une certaine valeur du courant du filament, la fréquence reste stationnaire. Ce phénomène fournit une méthode de montage d'un générateur d'oscillations lui permettant de produire une vibration de fréquence constante à moins de 1/100.000e près. A l'aide de ce dernier, les auteurs ont attaqué les autres problèmes ci-dessus. Dans un appareil dont l'inductance est de 8 millihenrys, la capacité électrique de 250 unités électrostatiques et la longueur d'onde de 2.750 m., une élévation du voltage de la batterie de l'anode de 130 à 140 augmente la longueur d'onde de 6 mètres, et une élévation du voltage de la grille de 1 augmente la longueur d'onde de 10 m. La variation du couplage dans le circuit produit des effets prononcés. — M. **F. Horton** et Mlle **A. C. Davies** : *Etude des effets des collisions électroniques avec le platine et avec l'hydrogène, pour élucider si la production d'ionisation par le platine est due à l'hydrogène occlus.* Les auteurs ont constaté qu'en bombardant une surface de platine par des électrons, une ionisation authentique se produit pour une vitesse électronique minimum de 13,0 volts, mais que, jusqu'aux vitesses électroniques de 30 volts, on ne peut déceler aucune radiation capable d'agir photo-électriquement sur le platine. Pour savoir si l'ionisation produite à la vitesse de 13,0 volts provient du platine ou de l'hydrogène fixé à sa surface, les auteurs ont étudié dans le même appareil les effets des collisions des électrons avec l'hydrogène. Ils ont décelé dans ce gaz une radiation correspondant à une vitesse électronique minimum de 10,5 volts et une seconde à une vitesse de 13,9 volts. Ils ont également mis en évidence trois types d'ionisation, qui se manifestent quand les électrons ont acquis les vitesses de 13,0 v., 14,4 v. et 16,9 v. Le premier de ces types est obtenu dans un vide élevé, et diverses expériences montrent qu'il n'est pas dû à l'H, mais au Pt lui-même. De ces expériences les auteurs concluent que la vitesse électronique minimum pour la production de la radiation par un atome d'H est de 10,5 volts, la vitesse minimum pour l'ionisation de l'atome est de 14,4 volts et la vitesse minimum pour l'ionisation de la molécule est de 16,9 v. Ces résultats sont d'accord avec les déductions de la théorie de Bohr. Le second type de radiation, commençant à la vitesse électronique de 13,9 v., doit être attribué à la molécule d'H. — **M. S. Marsh** : *L'électrolyse par les courants alternatifs.* L'auteur a étudié la façon dont se comportent les électrodes de Pt, Au et Ni pendant le passage d'un courant alternatif de 25 à 80 cycles par seconde, en employant comme électrolytes de l'acide sulfurique dilué et une solution d'hydrate de baryum. Les courbes représentant la relation entre le volume de gaz dégagé et la durée de passage du courant sont de deux types distincts : a) un type ressemblant aux courbes de « saturation de courant » de la radio-activité (Pt et Au dans un électrolyte acide) ; b) un type où le taux de dégagement du gaz s'abaisse avec le temps jusqu'au moment où le dégagement devient régulier, diminuant de valeur quand la fréquence du courant alternatif augmente. Deux explications de ce phénomène sont possibles : a) adsorption de l'H à une électrode pendant une demi-période, suivie d'une recombinaison avec l'O pendant la demi-période suivante ; b) oxydation de l'électrode par O pendant une demi-période, suivie d'une réduction de l'oxyde par H pendant la demi-période suivante. La théorie de l'oxydation explique le mieux les effets observés avec Au et Ni ; dans le cas de Pt, l'oxydation joue sans doute un rôle prédominant, bien que l'adsorption puisse également agir. Les électrodes possèdent une activité de surface initiale provoquant la recombinaison, activité qui augmente : a) avec la fréquence du courant, b) jusqu'à un maximum avec la durée du passage du courant. Si la densité de courant est moindre que celle qui correspond à cette activité maximum, alors tôt ou tard le dégagement de gaz cesse ; si elle est supérieure, au bout d'un certain temps le gaz se dégage régulièrement.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

31e ANNÉE N° 8 30 AVRIL 1920

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences, de l'Académie de Médecine

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Emile Boudier (1828-1920). — **Pier Andrea Saccardo** (1845-1920). — La science latine porte le deuil de deux maîtres de la Mycologie. La mort seule pouvait arrêter le fécond labeur de ces infatigables pionniers chargés d'ans et de gloire. Des efforts soutenus sans défaillance ont abouti pour le Pharmacien de Montmorency comme pour le Professeur de Padoue à la réalisation d'une conception grandiose. Les *Icones mycologicæ* de Boudier, le *Sylloge fungorum omnium hucusque cognitorum* de Saccardo sont des monuments impérissables.

Ces œuvres de vaste envergure exigeaient une étroite spécialisation, mais en même temps une connaissance étendue des sciences connexes. Ni Boudier, ni Saccardo n'ont débuté par la Mycologie. Le sens de l'observation s'était aiguisé chez Boudier par des recherches entomologiques, dont le goût lui avait été de bonne heure inspiré par son père, pharmacien distingué comme lui. La première publication de Saccardo a trait à de petits Crustacés, les Entomostracés.

La vocation de **Boudier** fut déterminée par ses relations avec Léveillé, le premier qui ait compris l'importance de l'histologie pour la connaissance des Champignons. Absorbé par ses devoirs professionnels, Boudier consacra d'abord ses rares loisirs à l'Histoire naturelle, lui demandant la satisfaction personnelle de ses goûts studieux. C'est seulement à l'âge de 38 ans que, sûr de sa méthode, il commence à publier des travaux dénotant une pleine maturité et une réelle originalité. Son coup d'essai est un coup de maître, couronné par l'Académie de Médecine, qui bientôt l'accueillait dans ses rangs, en attendant que l'Académie des Sciences le nommât son correspondant.

Mieux outillé que son maître, expert en microchimie, joignant à l'habileté manuelle une perspicacité toujours en éveil, Boudier précise des détails à peine soupçonnés. Découvrant leurs rapports avec la structure totale et avec les caractères extérieurs dont la systématique s'était d'abord contentée, il s'élève par degrés du particulier au général. Son œuvre capitale couronne un travail de longue et patiente synthèse.

Icones mycologicæ ! Ce titre est un symbole unissant l'art à la science. Comme tous les esprits synthétiques, Boudier ne séparait pas le beau du vrai. Sous son pinceau délicat, la ligne, le relief, le coloris, revivent avec l'émotion d'un primitif, avec la rigueur d'un réaliste. La vie déborde de ses aquarelles admirablement reproduites. Il nous fait sentir la pureté de la forme dans la moindre thèque comme dans l'orgueilleuse Amanite ; il les dessine avec un égal amour.

Toutes les qualités si françaises d'élégance, de précision, de juste mesure, qui éclatent dans le travail d'ensemble sur les Champignons supérieurs, se révélaient déjà dans les monographies consacrées aux Discomycètes, son objet de prédilection.

L'œuvre et l'homme sont en parfaite harmonie. Des dehors timides couvraient des trésors de science et de bienveillance ; on ne recourut jamais en vain aux conseils de son expérience. Sa modestie ne recherchait pas les honneurs ; mais les honneurs eussent été dépréciés, s'ils n'étaient venus trouver Boudier dans sa retraite.

L'analyse prévaut dans l'œuvre de **Saccardo** autant que la synthèse dans l'œuvre de Boudier.

Voué de bonne heure à l'enseignement, il publiait dès l'âge de 19 ans ; mais ses premières recherches parcourent successivement la faune et la flore dans leur ensemble, les Cryptogames vasculaires, les Mousses. C'est neuf ans plus tard qu'il s'absorbe dans la Mycologie, pour ne faire désormais que de brèves incursions dans les autres domaines de l'Histoire naturelle.

Tous les travaux de Saccardo ont un caractère encyclopédique où l'érudition tient la première place. La plupart des Champignons qu'il décrit ne lui sont connus que par ouï-dire ; mais il contrôle de son mieux la littérature en confrontant les descriptions écrites et les exsiccata avec les types nombreux qu'il a observés dans la nature. Il possède de solides jalons et son autorité est de bon aloi. Le *Sylloge* inspire la confiance, sans imposer la même certitude que les *Icones*. Il guide et guidera longtemps les mycologues en donnant aux

déterminations d'espèces une approximation suffisante pour aider à résoudre les questions litigieuses.

L'œuvre de Boudier est parfaite, mais restreinte; l'œuvre de Saccardo est plus immense, mais plus perfectible. Chacun des deux maîtres a rendu d'inestimables services.

Boudier reste l'une des gloires les plus pures de la Mycologie française. L'Italie est également fière de Saccardo. La France aussi porte son deuil; elle s'associe aux douleurs de sa sœur latine. Nous n'oublierons pas que, comme Boudier, Saccardo était l'un des fondateurs de la Société mycologique de France; il était depuis quarante ans membre honoraire de notre Société botanique.

Paul Vuillemin,
Correspondant de l'Institut.

§ 2. — Météorologie

La culture produit-elle une augmentation des précipitations atmosphériques? — La région des Grandes Plaines aux Etats-Unis est naturellement très fertile et facile à cultiver. Là où l'humidité est suffisante, soit par précipitation soit par irrigation, de grandes cultures sont possibles.

Dans l'est du Texas, de l'Oklahoma, du Kansas et le sud-est du Nebraska, la chute annuelle de pluie dépasse 75 cm. et elle est assez bien distribuée pour que les sécheresses sérieuses soient rares. Dans l'est du Nouveau-Mexique, du Colorado et du Wyoming, l'extrême ouest du Texas, de l'Oklahoma et du Kansas, l'ouest du Nebraska et du Dakota sud, le centre et l'ouest du Dakota nord et l'est du Montana, la chute moyenne annuelle de pluie est de 25 à 50 cm. et les sécheresses fréquentes. Dans les années peu pluvieuses, l'humidité est insuffisante pour la culture, là où l'on ne peut irriguer. Même dans la région intermédiaire de 50 à 62,5 cm. de chute annuelle, les cultures souffrent dans les années à pluies légères ou mal distribuées, surtout dans le Sud où la température est élevée et l'évaporation plus grande.

Il arrive cependant que, dans les années à pluies abondantes et bien distribuées, les fermiers sont encouragés à étendre vers l'ouest les surfaces cultivées, et là où une série d'années favorables se succèdent les opérations peuvent être poussées si loin dans les districts semi-arides que, dans les années ordinaires, la chute de pluie est tout à fait insuffisante pour les besoins des cultures, et qu'il en résulte des désastres, malgré la pratique du dry-farming.

Pendant les périodes de pluies exceptionnelles, l'opinion a été fréquemment exprimée que la précipitation augmente et que cette augmentation est due à l'extension des aires cultivées. Qu'y a-t-il de vrai dans cette assertion? C'est ce que M. J. Warren Smith[1], du Bureau météorologique américain, à Washington, a tenté d'élucider au moyen des statistiques et observations très complètes dont dispose cet établissement.

Il a établi d'une part un tableau des surfaces cultivées en céréales dans les cinq Etats des Grandes Plaines (Kansas, Nebraska, Dakota nord et sud, Montana) pendant les 50 dernières années; l'augmentation a été considérable au cours de cette période.

Il a tracé d'autre part la courbe donnant la moyenne de la précipitation annuelle dans ces Etats durant le même temps. Si l'augmentation de la surface cultivée accroissait la précipitation, on devrait observer une ascension continue de cette courbe. Au contraire, elle présente une succession de courtes périodes d'accroissement et de diminution de la précipitation, avec deux minima en 1873 et 1888 et deux maxima en 1878 et 1908. La moyenne de la chute annuelle, pour les 25 premières années de la période, est de 49 cm., et pour les 25 dernières années de 48,5 cm., nombres à peu près égaux.

Il faut donc conclure que dans cette vaste région l'extension des cultures n'a amené aucun accroissement des précipitations atmosphériques.

1. *Monthly Weather Review*, t. XLVII, n° 12, p. 858; déc. 1919.

§ 3. — Physique

Le spectre des explosions. — Quelques expériences sur l'explosion de fils de fer fins au moyen de l'électricité ont conduit M. J. A. Anderson[1] à développer une méthode intéressante pour la production d'un spectre continu brillant s'étendant sur toute la région visible et aussi loin dans l'ultra-violet qu'un spectrographe en quartz permet d'enregistrer. Sur un fond continu apparaissent comme lignes d'absorption presque toutes les lignes du fer qu'on trouve généralement dans l'arc.

L'appareil employé consiste en un petit transformateur à 25.000 volts avec un rectificateur mécanique, chargeant un condensateur à plaque de verre d'une capacité de 0,4 microfarad. Ce dernier se décharge dans un circuit contenant une coupure à étincelles de 2 cm. de longueur, en série avec un fil de fer fin de 5 cm. de longueur, pesant environ 2 mgr. Quand le condensateur se décharge, le fil explose avec une lumière brillante; en l'enfermant dans un tube de bois de 1 cm. de diamètre intérieur, on observe le spectre continu en regardant au travers. La durée moyenne de l'explosion est de 10^{-5} seconde, et 10 explosions suffisent pour enregistrer le spectre dans la région $\lambda = 4.000$ au moyen d'un spectrographe à réseau donnant une dispersion de 6 A par mm. Avec un condensateur plus grand et un voltage plus élevé, on accroîtrait sans doute la luminosité.

§ 4. — Chimie physique

L'absorption du chlore par le charbon de bois pulvérisé. — Les propriétés absorbantes bien connues du charbon de bois pulvérisé ont conduit à l'utiliser, au cours de la dernière guerre, dans les masques protecteurs contre les gaz toxiques, en particulier le chlore et les composés chlorés. Cet emploi a été l'occasion, pour les chimistes attachés aux différentes armées, de plusieurs études intéressantes. Deux chimistes américains, MM. G. S. Bohart et E. Q. Adams, viennent de publier celles qu'ils ont consacrées à l'absorption du chlore par le charbon de bois pulvérisé et à l'influence excercée par divers facteurs sur ce phénomène[2].

L'appareil qui leur a servi consistait essentiellement en une chambre de réaction suspendue dans un thermostat à eau. Du chlore et de l'air étaient mélangés dans une tour, puis conduits par succion à travers une couche de charbon de bois; les gaz non absorbés étaient ensuite retenus dans une série d'appareils à absorption. La pression était mesurée avant et après le passage à travers le charbon de bois. Six échantillons différents de charbons ont été essayés, l'un préparé avec du bois ordinaire, les cinq autres avec de la coque de noix de coco.

Ces divers charbons ont présenté de grandes différences de pouvoir absorbant (dans le rapport de 400 à 1). Les courbes d'absorption en fonction du temps ont toutefois une forme similaire, ce qui montre que le processus en jeu est qualitativement le même; les différences doivent provenir davantage de variations dans les proportions de la matière active à la matière inactive que de différences dans la nature des échantillons en eux-mêmes. Les différences de pouvoir absorbant ne sont pas parallèles aux différences de densité apparente des échantillons.

Le temps nécessaire pour que la couche de charbon soit complètement saturée de chlore (temps de service) n'est pas proportionnel à l'épaisseur de la couche; il

1. *Proc. Nat. Acad. of Sc. U. S. America*, t. VI, p. 42; janv. 1920.
2. *The Journ. of the Amer. chem. Soc.*, t. XLII, n° 3, pp. 523-544; mars 1920.

augmente plus rapidement que cette dernière, toutes les autres conditions restant les mêmes.

La présence d'humidité dans le chlore exerce une grande influence sur l'absorption : la durée d'absorption complète passe par un *minimum* pour une humidité relative d'environ 50 °/₀. En même temps, le charbon agit comme catalysateur de la réaction $Cl + H^2O$ et il se forme une certaine quantité d'HCl, dont une partie reste absorbée et dont l'autre traverse la couche de charbon. Pour les échantillons étudiés, au-dessous de 12°,5 le chlore apparaît au delà du charbon avant l'acide chlorhydrique; au-dessus de 12°,5, c'est le contraire qui se produit.

Les auteurs ont également étudié l'influence de la température sur l'absorption du chlore ; la durée d'absorption complète passe par un minimum entre 0° et 12°,5.

L'abaissement de la pression a peu d'effet sur l'absorption.

Enfin les auteurs ont constaté que la capacité d'absorption des charbons étudiés est augmentée par une première exposition au chlore, suivie d'un chauffage au rouge sombre dans le vide. Cet effet peut être dû soit à l'expulsion de certains composés absorbés pendant ce second chauffage, soit à la formation par le chlore de composés volatils avec certains constituants du charbon, corps qui, en se décomposant ensuite, laissent une plus grande quantité d'absorbant actif.

§ 5. — Chimie biologique

La présence d'oxyde de carbone, produit de la respiration, dans le flotteur d'une Algue géante, le *Nereocystis luetkeana*. — Le *Nereocystis luetkeana* est une Algue géante de la côte du Pacifique, caractérisée par l'existence d'un flotteur, ou pneumatocyste, terminant le stipe et qui sert à soutenir près de la surface de l'eau les longues lames pédicellées de l'algue. Ce flotteur est rempli d'un gaz où l'on a reconnu depuis longtemps la présence d'oxygène et d'azote. Plus récemment, en 1915, Zeller et Nikirk [1] signalèrent, en outre, l'existence d'anhydride carbonique en proportions variables suivant les heures de la journée (de 0,293 à 2,503 °/₀), et arrivèrent à la conclusion que les gaz contenus dans le flotteur devaient servir de réservoir pour le métabolisme gazeux de la plante.

Ce sujet paraissant intéressant, M. S. C. Langdon, du Département de Chimie de l'Université de l'Etat du Washington, à Seattle, reprit l'étude de ces gaz, et il arriva bientôt à la conclusion que le gaz carboné des pneumatocystes du *Nereocystis* est constitué presque uniquement par de *l'oxyde de carbone*[2]. Comme ce corps n'a jamais été trouvé antérieurement à l'état libre dans une plante vivante, cette découverte demandait à être appuyée sur des preuves absolument concluantes. Tous les réactifs habituels de l'oxyde de carbone ont donné des résultats positifs : Un papier blanc humecté avec une solution de chlorure de palladium devient noir dans le gaz du flotteur. Du sang ordinaire dilué dans 200 fois son volume d'eau distillée donne une solution rouge jaunâtre qui, au contact du gaz, devient rose chair. La méthode d'analyse spectroscopique de Vogel pour l'hémoglobine oxycarbonée a montré le spectre caractéristique de ce composé. Un serin, un jeune poulet, un cochon d'Inde, placés dans une enceinte où l'on fait circuler le gaz du flotteur, meurent en 15 secondes à 10 minutes, et non par manque d'oxygène, car le gaz en contient environ 18 °/₀ ; leur sang, analysé au spectroscope, renferme de l'hémoglobine oxycarbonée.

Le gaz des flotteurs a été ensuite analysé quantitativement par M. Langdon au moyen de l'appareil d'Orsat modifié par Williams. Sur plus de 1.000 échantillons de *Nereocystis* examinés, l'oxyde de carbone s'est trouvé présent presque sans exceptions; mais la quantité en est excessivement variable : elle va de 0,4 à 12,2 °/₀ avec une moyenne de 4 °/₀. Celle d'anhydride carbonique n'est qu'exceptionnelle et ne s'est jamais élevée au-dessus de 0,5 °/₀. La quantité d'oxygène a varié de 14,4 à 22,9 °/₀. Le reste du gaz paraît être constitué par de l'azote.

La présence unique de CO libre dans une plante vivante soulève aussitôt la question de son origine, qui peut être recherchée soit dans les produits de la photosynthèse, soit dans ceux de la respiration. M. S. C. Langdon, avec le concours de M. W.R. Gailey, a institué une série d'expériences à ce sujet [1].

La possibilité de la formation de CO par l'action d'enzymes ou par des processus de décomposition a d'abord été exclue par l'essai suivant : l'algue finement broyée est assujettie à subir l'autolyse au contact d'eau de mer et les gaz dégagés sont analysés; ils consistent presque exclusivement en CO^2 et H.

Pour étudier la formation de CO dans la plante vivante, les auteurs ont opéré comme suit ; ils coupent la partie inférieure du stipe creux de l'algue et dans la partie supérieure ils substituent un gaz de composition connue à celui qui est normalement présent dans le pneumatocyste. L'extrémité coupée est fermée par un bouchon et la plante pesée est submergée dans l'eau de mer en l'attachant à un support. Après un intervalle convenable, on détermine par l'analyse les changements de composition des gaz du flotteur. Dans ces conditions, la plante résiste fort bien à la mutilation et continue à vivre et à se développer dans l'eau de mer.

Quand le stipe et le pneumatocyste ont été vidés, puis remplis d'air pur, on constate que l'oxyde de carbone recommence à se former graduellement ; cette formation est accompagnée d'une diminution de la teneur en oxygène, et de l'apparition d'un peu de CO^2, dû sans aucun doute à un processus de décomposition des tissus. L'oxyde de carbone se forme aussi bien à l'obscurité qu'à la lumière, et son apparition n'a aucun rapport avec la présence ou l'absence des frondes.

Lorsqu'on substitue à l'air de l'azote ou de l'hydrogène pour le remplissage du stipe et du pneumatocyste, on n'observe aucune production d'oxyde de carbone, quelles que soient les conditions où l'on se place : lumière ou obscurité, frondes présentes ou enlevées.

L'oxyde de carbone ne se forme pas davantage lorsqu'on opère avec des stipes tués par immersion dans l'eau de mer à 50° ou dans une solution étendue de sulfate de cuivre.

De toutes ces observations, les auteurs se croient autorisés à conclure que l'oxyde de carbone est un produit normal de la respiration du *Nereocystis luetkeana*, plutôt qu'un produit intermédiaire de la photosynthèse.

§ 6. — Physiologie

La provocation artificielle de la métamorphose chez l'Axolotl. — La *Revue* a signalé récemment les expériences de M. J. S. Huxley, qui a provoqué artificiellement la métamorphose de l'Axolotl, larve de l'*Amblystoma mexicanum*, en l'alimentant avec de la thyroïde de bœuf[2]. Or M. C. O. Jensen, de l'Ecole vétérinaire et d'Agriculture de Copenhague, était déjà arrivé antérieurement au même résultat[3]; et il avait même démontré que cette action spécifique dépend du principe actif de la thyroïde, l'iodothyrine, puisqu'il suffit d'administrer cette substance à l'Axolotl sous forme d'injections intra-abdominales pour déterminer à bref délai la métamorphose.

D'après Morse, Rogoff et Marine, les albumines iodées exercent toutes une influence similaire, tendant à

1. *Puget Sound Marine Stat. Public.*, t. I, p. 25-30 ; 1915.
2. *The Journ. of the Amer. chem. Soc.*, t. XXXIX, n° 1, p. 149-156 ; janv. 1917.

1. *Ibid.*, t. LXII, n° 3, p. 641-646 ; mars 1920.
2. *Rev. gén. des Sc.* du 19 févr. 1920, p. 100.
3. *Bull. de l'Acad. royale des Sciences et Lettres de Danemark*, 1916.

provoquer la métamorphose des Batraciens. Dans une communication récente [1], C.O. Jensen annonce qu'il a pu vérifier, en partie, le bien-fondé de cette assertion : il a trouvé, lui aussi, dans des essais portant sur les larves de la grenouille et du crapaud, que l'iodocaséine et l'iodoséroglobuline sont efficaces ; par contre, l'action de l'iodoséroalbumine et de l'iodovalbumine est nulle ou du moins très faible ; dans le cas de l'Axolotl, l'iodocaséine a seule donné un résultat. La 3 : 5-diiodotyrosine détermine, elle aussi, la prompte réalisation de la métamorphose chez les larves de grenouille et de crapaud, auxquelles on l'administre comme nourriture ; mais elle est inefficace chez l'Axolotl, même en injections abdominales à doses fortes.

M. C. O. Jensen a procédé, d'autre part, à un examen histologique de la glande thyroïde chez divers Bratraciens. Chez l'*Amblystoma tigrinum*,— animal étroitement apparenté à l'Axolotl, mais qui, à l'encontre de ce dernier, se métamorphose toujours, — la glande thyroïde offre la même structure histologique que chez les autres Salamandres. Par contre, la glande thyroïde présente chez l'Axolotl un état franchement pathologique, qui se développe entre le 3e et le 6e mois, et qui se caractérise par une forte réduction de ses dimensions et la présence d'un liquide semi-fluide qui, dans beaucoup de cas, ne donne pas la réaction colorée qui caractérise les matières colloïdes. La permanence de l'état larvaire chez l'Axolotl serait donc l'effet d'une hypothyroïdie héréditaire.

De l'utilisation des venins en technique physiologique. — Les physiologistes utilisent avec avantage un certain nombre de substances toxiques pour réaliser chez leurs animaux d'expériences des conditions favorables à certaines observations : on sait tout le parti qu'ils ont tiré de l'emploi des anesthésiques, du curare, de l'atropine et de la pilocarpine, de la nicotine, etc. Ils trouveront dans les venins convenablement choisis et judicieusement appliqués de nouveaux agents dont ils pourront en maintes circonstances tirer le plus grand profit.

Le venin de Cobra (*Naja tripudians*) et des espèces zoologiquement voisines est curarisant, c'est-à-dire, comme le curare, supprime la seule motricité en agissant sur les plaques terminales, qu'il rend imperméables à l'influx nerveux. On pourrait donc le substituer au curare dans toutes les expériences où l'emploi de ce dernier est indiqué, la vie pouvant être entretenue par la respiration artificielle chez l'animal cobraïsé comme elle l'est chez l'animal curarisé. On injecterait par exemple dans les veines d'un lapin 1 à 2 cm³ d'une solution de venin (résidu sec) de Cobra à 1 °/₀₀ dans l'eau salée à 1 °/₀, soit 1 à 2 mgr. : la paralysie curarique ne tarde pas à s'installer et à se parachever en 20 à 40 minutes selon la dose injectée, et se maintient — la vie étant entretenue par la respiration artificielle — pendant des heures et des heures.

On reprochera peut-être au venin de Cobra de provoquer presque aussitôt après son injection intraveineuse une dépression artérielle généralement modérée (8 à 12 mm. de mercure par exemple pour une injection de 2 mgr.) et une faible accélération respiratoire (le rythme peut passer de 60 à 75 par minute par exemple); mais ces deux phénomènes ne durent que quelques minutes (5 à 6 minutes pour la dépression, et moins pour l'accélération respiratoire), et 10 minutes après l'injection il n'en reste plus trace. D'ailleurs il suffirait de substituer au venin de Cobra le venin de *Naja Haje* ou Cobra d'Egypte, aux doses de 1/2 mgr. à 1 mgr. (équivalentes respectivement à 1 et à 2 mgr. de venin de Cobra) pour obtenir la curarisation sans avoir eu à noter ces incidents circulatoires et respiratoires.

On reprochera peut-être au venin de Cobra injecté dans les veines de ne produire la paralysie qu'avec un assez grand retard; mais n'en est-il pas de même avec le curare quand on injecte celui-ci sous la peau, comme on le fait de coutume. Et du reste, si l'on veut gagner du temps, on emploiera le venin de *Naja Haje* à la dose de 2 mgr., grâce à quoi la curarisation sera totale en 12 à 15 minutes au maximum (on ne peut augmenter la dose au delà de 2 mgr. pour accélérer l'évolution de la cobraïsation, quand il s'agit du venin de Cobra, parce qu'aux doses supérieures à 2 mgr. ce venin détermine chez le lapin une dépression tardive assez rapidement mortelle, malgré la respiration artificielle).

Reprochera-t-on aux venins des Cobras de rendre le sang des animaux, dans les veines desquels on l'a injecté, incoagulable ou tout au moins très tardivement coagulable? Dans certaines expériences, c'est là un avantage que possède le venin de Cobra sur le curare, car cette incoagulabilité permet d'enregistrer par exemple la pression artérielle pendant des heures sans avoir à lutter perpétuellement contre les coagulations qui ne tardent pas à se produire dans la canule à pression.

Les venins coagulants de Cascavel (*Crotalus terrificus*) et de Trigonocéphale (*Lachesis lanceolatus*) peuvent rendre d'éminents services dans l'étude physiologico-chimique de la coagulation du sang ou des liqueurs fibrinogénées *in vitro*. On a démontré en effet que ces venins possèdent rigoureusement les propriétés, toutes les propriétés de la thrombine (ou fibrineferment) : comme elle, en effet, ils font coaguler les plasmas de peptone, les plasmas fluorés, oxalatés, citratés, les liquides de transsudats séreux, les solutions chlorurées sodiques de fibrinogène. Ils possèdent les propriétés de la thrombine, mais singulièrement exaltées, car quelques gouttes d'une solution aqueuse de ces venins à 1 pour 10.000 font coaguler en bloc 10 cm³ de plasma citraté de sang de cheval en moins de 1/2 minute, et c'est là un résultat qu'on ne saurait obtenir avec les solutions de thrombine même les plus actives qu'on ait pu préparer.

Le venin de *Vipera Russellii* ou *Daboïa* peut rendre aussi des services dans l'étude de la coagulation du sang, non pas que ce venin possède des propriétés thrombine, mais parce que, ajouté à un plasma décalcifié (plasma citraté par exemple) en quantité extrêmement petite, il permet à la coagulation qui se produit après calcification de cette liqueur de s'accomplir en un temps très court, ce qui peut être un avantage : tous ceux qui ont eu l'occasion de faire coaguler par la recalcification les plasmas oxalatés ou citratés savent combien en général le phénomène est tardif.

Les venins dépresseurs, le venin de *Crotalus adamanteus* par exemple, injectés dans les veines du lapin déterminent une chute de pression généralement précoce (moins de 1 minute après l'injection) et brusque, dont la grandeur dépend de la dose de venin injectée, dont la durée est variable à la volonté de l'expérimentateur, le retour à la pression normale se faisant par une ascension assez lente et remarquablement régulière. Le physiologiste pourra utiliser fort avantageusement ces venins pour les recherches dans lesquelles il se proposera d'élucider les rapports de la pression artérielle et de quelque phénomène physiologique (production d'urine, sécrétions, etc.).

Les venins enfin et les sérums antivenimeux correspondants sont de merveilleux instruments d'étude des toxines et des antitoxines. Ils permettent de démontrer la loi de l'instantanéité de l'action de l'antivenin sur le venin, de la spécificité d'action des antivenins sur les venins, de la généralité d'action des antivenins sur les venins, etc., toutes lois et toutes observations qu'il serait peut-être imprudent de trop vite généraliser, mais qui représentent tout au moins un point de départ ferme et solide pour l'étude des rapports des toxines et des antitoxines.

Et la liste des applications des venins à la technique physiologique pourrait sans peine être considérablement allongée.

M. A.

1. *C. r. Soc. Biol.*, t. LXXXIII, n° 10, p. 315 ; 13 mars 1920.

LA GUERRE DES GAZ

L'ALLEMAGNE ET LA GUERRE DES GAZ[1]

I. — HISTORIQUE DE LA GUERRE DES GAZ

Ainsi que l'a exposé ici M. Cornubert[2], c'est le 22 avril 1915 qu'au mépris des engagements internationaux de la Haye, les Allemands employèrent pour la première fois, sur une grande échelle, dans la région d'Ypres, les gaz de combat sous forme de nappes.

Mais cette affaire est-elle bien véritablement la première manifestation des gaz de combat sur les champs de bataille?

Dans un article récent de la *Chemiker Zeitung* (n° 74 du 19 juin 1919, page 365), il est indiqué que c'est le 27 octobre 1914 qu'auraient été utilisés les premiers obus à gaz allemands. Ce même article prétend que les Français auraient employé quelques jours auparavant des obus à « gaz irritant », ce qui est, disons-le, absolument faux. En tout cas, il est hors de doute qu'au mois de mars 1915, quelques obus à bromures de benzyle et de xylyle furent lancés par les Allemands dans la région de Verdun, mais nous conviendrons aisément, avec l'auteur de l'article en question, qu'on ne peut parler d'une attaque réelle par les gaz qu'en avril.

Quelque temps après cette attaque, l'emploi des obus à gaz et des « gasminen » se répandit chez nos ennemis et, dans le courant du mois de juin, de véritables bombardements par obus à gaz furent exécutés sur plusieurs points.

Dans ces projectiles, à côté des bromures aromatiques, qui ne sont que des lacrymogènes, dont l'emploi n'était pas prohibé par les actes de la Haye, ainsi qu'on l'a démontré, apparurent des substances vraiment suffocantes et toxiques, telles que le chloroformiate de méthyle monochloré, le chlorosulfate de méthyle, les diméthyl et méthyléthylcétones bromées, etc.

La première attaque de grand style, par obus, eut lieu le 20 juin 1915 au bois de la Grurie, en Argonne. Elle semble avoir été exécutée presque exclusivement à l'aide d'obus contenant des bromures de benzyle et de xylyle. Dès lors, l'emploi des obus à gaz devint fréquent, ainsi que celui des engins de tranchée ou « gasminen ». L'arsenal des gaz de combat allemands s'augmenta rapidement et nous voyons apparaître successivement le chloroformiate de méthyle trichloré, le phosgène, la chloropicrine, le chlorure de phénylcarbylamine, puis un corps vésicant, le sulfure d'éthyle dichloré $\beta\beta'$, enfin, plus récemment, le groupe des arsines aromatiques : cyanure et chlorure de diphénylarsine et celui des arsines grasses : dichlorure et dibromure d'éthylarsine, accompagnées parfois d'oxyde de méthyle dichloré, enfin, le N-éthylcarbazol.

L'emploi des obus à gaz prit de plus en plus d'importance et, lors des attaques de juillet 1918 (2e bataille de la Marne), la proportion des obus à gaz atteignait le chiffre énorme de 80 °/₀ dans les approvisionnements allemands.

Le Tableau I (page 238) indique les dates d'apparition des différents gaz allemands sur le front français.

Avant de parler de la nature chimique des gaz allemands et de leurs propriétés, je crois utile de dire un mot de l'organisation du Service de recherches et d'identification des produits ennemis sur le front français.

A la suite de l'attaque du 22 avril 1915, le G. Q. G. et la Direction du Génie au Ministère de la Guerre demandèrent à M. Kling, directeur du Laboratoire Municipal, de faire une enquête sur la nature des gaz allemands et d'aviser aux premières mesures à prendre pour protéger nos troupes. L'emploi de plus en plus fréquent des gaz obligea bientôt l'Etat-major français à développer ce service et, sans entrer dans les détails, j'indiquerai qu'en 1918 le Service dirigé par M. Kling comprenait :

1° Un Service d'enquête sur le front, constitué par des officiers-chimistes, à raison de un par armée ; cet officier était rattaché au G. Q. G. par l'intermédiaire de l'Inspecteur des Munitions et recevait, d'autre part, toute directive utile, au point de vue technique, du Directeur du Laboratoire Municipal de Paris. Les obus et engins à gaz, après un premier examen sommaire, étaient transmis au Laboratoire Municipal, ainsi que les caffuts, la terre imprégnée et généralement tout objet susceptible de fournir des renseignements sur la nature des gaz ennemis ;

2° Un Service d'analyse et de recherches au Laboratoire Municipal, placé sous la direction

1. Conférence faite au laboratoire de M. A. Haller à la Sorbonne.

2. R. CORNUBERT : La guerre des gaz. Généralités. L'œuvre française. *Rev. gén. des Sc.* du 30 janvier 1920, t. XXXI, p. 45. — Errata à la conférence de M. Cornubert : p. 56, par. 3, à la fin du premier alinéa. Après : de grandes quantités de matières premières nous furent cédées par nos alliés, ajouter : mais nous pûmes leur donner en échange des produits manufacturés : gaz, appareils de protection, obus à gaz.

TABLEAU I. — **Dates d'apparition des gaz de combat allemands**

Noms du gaz	Formules	Etat physique	Caractère physiologique fondamental	Date d'apparition	Lieu d'apparition
Bromure de benzyle....	$C^6H^5CH^2Br$.	liquide	lacrymogène	mars 1915	Verdun
Bromure de xylyle (3 isom.)	$CH^3C^6H^4CH^2Br$.	»			
Chlore.....	Cl^2	gaz	suffocant	22 avril 1915	Ypres
Brome.....	Br^2	liquide	»	mai 1915	Argonne
Chloroformiate de méthyle monochloré (palite).....	$ClCO^2CH^2Cl$	»	»	18 juin 1915	Neuville-St-Vaast
Chlorosulfate de méthyle	$SO^2 < {Cl \atop OCH^3}$	»	»	»	»
Diméthylcétone bromée.	$CH^2Br.CO.CH^3$	»	lacrym. et suffocant	juillet 1915	Argonne
Méthyléthylcétone bromée.....	$CH^3CH^2Br.CO.CH^3$	»	»	»	»
Chloroformiate de méthyle trichloré [surpalite, diphosgène $(COCl^2)^2$].....	$Cl.CO^2CCl^3$	»	suffocant	22 juin 1916	Fort de Souville
Phosgène.....	$COCl^2$	gaz	»	en proj. : 28 nov. 16	Chilly-Maucourt
Chloropicrine.....	CCl^3NO^2	liquide	suffocant et lacrym.	26 mars 1917	Vassemy (Aisne)
Chlorure de phénylcarbylamine.....	$C^6H^5N=C=Cl^2$	»	toxique	7 mai 1917 20 mai 1917	Armée d'Orient Berry-au-Bac
Sulfure d'éthyle dichloré (ypérite).....	$S < {CH^2CH^2Cl \atop CH^2CH^2Cl}$	»	vésicant	10 juillet 1917	Ypres
Chlorure de diphénylarsine.....	$(C^6H^5)^2As.Cl$	solide	sternutatoire	2 septembre 1917	Cuissy (Aine)
Dichlorure d'éthylarsine	$C^2H^5As.Cl^2$	liquide	sternut. et toxique	mars 1918	Moulin de Laffaux
Dibromure d'éthylarsine	$C^2H^5As.Br^2$	»	»	»	»
Oxyde de méthyle dichloré.....	$CH^2Cl.O.CH^2Cl$	»	sans action apprec.	»	»
Cyanure de diphénylarsine.....	$(C^6H^5)^2As.CN$	solide	sternutatoire	mai 1918	Ranzières
Ethyl-carbazol.....	$C^6H^4 — C^6H^4$ $N — C^2H^5$	»	sternutatoire faible	juillet 1918	Région de la Marne

de M. Kling et rattaché à l'Inspection des Etudes et Expériences chimiques. A partir de janvier 1916, M. Grignard fut également chargé d'analyser, concurremment avec le Laboratoire Municipal, un échantillon des produits retirés des obus et « gasminen »; M. Grignard s'attacha plus particulièrement à la recherche des impuretés susceptibles de faire connaître le mode de préparation en usage en Allemagne.

Le Laboratoire Municipal eut ainsi à examiner plus de 2.400 échantillons divers, dont environ 1.200 obus et projectiles.

Le G. Q. G. anglais avait organisé, peu après l'attaque d'Ypres, un petit laboratoire dirigé par le lieutenant Monat Jones; ce laboratoire prit, par la suite, une grande extension sous la direction de feu le Colonel Watson, puis sous celle du major Monat Jones; le rôle de ce Laboratoire était sensiblement le même que celui dévolu au Laboratoire Municipal de Paris, et les travaux qui furent faits parallèlement par ces deux services permirent de reconnaître les nouveaux gaz ennemis, peu de jours après leur apparition, grâce à la franche et bonne camaraderie qui ne cessa de régner entre les deux laboratoires.

II. — NATURE, PROPRIÉTÉS ET FABRICATION DES GAZ ALLEMANDS

§ 1. — Propriétés des gaz allemands

Je rappellerai très succinctement quelques généralités sur la nature et les propriétés des gaz, renvoyant pour plus de détails à la précédente conférence de M. Cornubert.

Tout d'abord, que faut-il entendre par « gaz de combat »?

Un « gaz » est un corps qui, à l'état de vapeurs, de vésicules ou de poussières, est susceptible de provoquer des *lésions* d'un organe ou de la peau ou, simplement, une vive irritation des muqueuses de l'œil et des voies respiratoires.

D'après l'emploi que les Allemands ont fait de leurs gaz, on peut dire que, dans l'esprit de leur haut commandement, les gaz n'étaient pas toujours destinés à tuer l'adversaire, mais très souvent à diminuer ses facultés combatives par la douleur, l'obligation de porter le masque, et à déterminer subsidiairement une diminution des effectifs adverses par la création de phlyctènes ou d'intoxications plus ou moins prononcées. Certains gaz d'ailleurs (les gaz d'offensive)

n'avaient qu'une action tout à fait momentanée ; ils étaient destinés à diminuer les facultés combatives de l'adversaire au moment même où l'attaque devait être prononcée. Ces faits seront d'ailleurs plus clairement mis en lumière à propos de la tactique allemande.

En pratique, les « gaz de combat » allemands ne sont qu'exceptionnellement gazeux ; le plus souvent ce sont des liquides ou même parfois des solides, à point de fusion assez élevé, mais le premier corps utilisé étant gazeux, le terme gaz a été maintenu pour tous les suivants, quel que soit leur état physique.

La tension de vapeur de ces corps est souvent faible, et ils agissent alors, non pas tant par leurs vapeurs, que par les petites vésicules liquides ou la poussière solide qui se produisent au moment de l'éclatement du projectile ; non pulvérisés par la détonation d'un explosif brisant, plusieurs d'entre eux seraient sans action notable sur les voies respiratoires.

Au point de vue physiologique, ils se classent, comme l'a montré précédemment M. Cornubert, dans les catégories suivantes :

1° Les *suffocants*, qui déterminent des lésions plus ou moins graves des poumons ;

2° Les *toxiques*, qui agissent par arrêt ou inhibition d'un organe ou d'un centre fonctionnel fondamental de l'organisme ;

3° Les *lacrymogènes*, qui agissent principalement sur les muqueuses de l'œil ;

4° Les *vésicants*, qui provoquent des lésions de la peau ;

5° Les *sternutatoires*, qui déterminent une vive action sur les muqueuses du nez, de la gorge et de l'arrière-gorge.

Au point de vue de l'emploi pratique sur le terrain, l'une des propriétés fondamentales d'un gaz est sa permanence. Or, celle-ci n'est pas, comme on pourrait le supposer, fonction seulement de la tension de vapeur du corps, mais encore de son aptitude à s'hydrolyser sous l'action de l'eau, neutre ou légèrement alcaline (CO^3Ca), et même, d'une façon plus générale, de ses aptitudes réactionnelles.

Projeté sur le sol au moment de l'éclatement d'un projectile, un gaz sera d'autant plus permanent que sa tension de vapeur sera plus faible et ses facultés hydrolytiques moins marquées ; si, en outre, ses aptitudes réactionnelles sont à peu près nulles, il deviendra difficile de purifier par un réactif approprié le terrain infecté. C'est le cas, par exemple, pour les bromures aromatiques qui, étant données leurs faibles aptitudes réactionnelles, persistent parfois plusieurs semaines sur le sol.

Une autre propriété fort intéressante à noter, au point de vue du changement, est l'action de ces corps sur le fer et l'acier ; les corps sans action sur le métal de l'obus pourront, en effet, être chargés directement ; les autres, au contraire, devront être placés au préalable dans une enveloppe appropriée, qui fut toujours, en ce qui concerne les obus allemands, en plomb.

Le tableau II (page 240) résume les principales données concernant les gaz allemands.

Dans une colonne, nous indiquons la dose toxique. Cette dose toxique a été déterminée au Collège de France par M. le Dr Mayer, qui l'a ainsi définie : c'est la concentration du corps en vapeurs, exprimée en grammes par m^3, nécessaire pour amener la mort dans les 48 heures, après un séjour de l'animal de 30 minutes dans l'atmosphère toxique. Cette dose varie, bien entendu, avec l'animal expérimenté, chaque espèce animale ayant une susceptibilité particulière : celle du chien semble se rapprocher assez de celle de l'homme. Cette définition est particulièrement précieuse pour les suffocants et les toxiques ; en ce qui concerne les lacrymogènes et les vésicants, les accidents mortels, quand il y a mort, sont généralement tardifs et doivent donner lieu à une 2e échelle de comparaison.

Les constantes physiques que nous donnons sont celles des corps purs. En pratique, les corps utilisés étaient toujours souillés d'une petite quantité de produits de fabrication qui modifiaient quelque peu leurs constantes et, en outre, le plus souvent, ils étaient additionnés de liquides volatils destinés soit à augmenter leur volatilité, par suite d'un entraînement réciproque, soit à masquer leur odeur.

Parmi cette liste de produits, qui, comme on le voit, appartiennent à tous les groupes de la Chimie, ne figurent que deux gaz vrais : le chlore et le phosgène ; ce sont d'ailleurs les seuls qui aient été utilisés en vagues ; ils présentent l'avantage de posséder une grande densité (2,5 et 3,46, respectivement), propriété indispensable aux gaz destinés à être entraînés par le vent, tout en restant à la surface du sol.

Comme nous l'avons déjà indiqué, les produits toxiques allemands étaient utilisés très souvent en mélanges. Voici les plus remarquables :

Les bromures de benzyle et de xylyle étaient additionnés de 20 % de carbures aromatiques (toluène et xylène). Le rôle de ces carbures était d'augmenter la volatilité des dérivés bromés et, par conséquent, de les rendre plus agressifs.

La chloropicrine ne fut jamais utilisée seule, mais on la trouva toujours associée à la surpalite dans la proportion de 30 à 50 %.

A l'ypérite fut toujours ajouté 20 % d'un dissolvant volatil. Au début, ce fut le tétrachlorure de carbone (P. E. : 78°), puis ensuite apparurent le chlorobenzène (P. E. : 132°), le nitrobenzène (P. E. : 208°) et même l'oxyde de méthyle dichloré. Le premier de ces adjuvants était simplement destiné à augmenter la volatilité de l'ypérite ; par contre, le chlorobenzène et le nitrobenzène avaient surtout pour rôle de masquer l'odeur d'ail caractéristique de l'ypérite et, par conséquent, de dérouter l'adversaire.

Les arsines grasses : chlorure et bromure d'éthylarsine, furent, la plupart du temps, associées ensemble et, en outre, à l'oxyde de méthyle dichloré; ce dernier corps fut, cependant, également employé seul.

§ 2. — Fabrication des gaz en Allemagne

Le développement considérable qu'avait pris l'industrie chimique en Allemagne durant les vingt dernières années permit au commandement allemand de disposer très rapidement d'énormes quantités de gaz de combat.

Certains gaz comme le chlore, le phosgène, le brome, etc., étaient d'ailleurs fabriqués en grande quantité, dès le temps de paix, par les grosses firmes allemandes de matières colorantes.

Le matériel dont disposaient ces usines leur permit de mettre rapidement au point la fabrication industrielle des produits agressifs nouveaux, tels que la surpalite, l'ypérite, les arsines grasses ou aromatiques.

La plupart des fabriques se trouvant dans la zone d'occupation alliée, des missions les ont visitées et ont pu obtenir des indications intéressantes sur les procédés de fabrication utilisés dans les usines allemandes. Nous allons les passer rapidement en revue ,en mettant largement à contribution le Rapport de M. Marqueyrol, Inspecteur général des Poudres, délégué français.

TABLEAU II. — **Propriétés des gaz de combat allemands**

Noms des gaz	Dose toxique	Propriétés physiques	Principales propriétés toxiques	Permanence	Action sur l'acier
Bromure de benzyle....	lapin : 2 gr.	P.E. : 198-99°	très difficil. hydrolysab.	très persistants	décomposé
— de xylyle.....	»	P.E. : 215°	très faibles aptit. réact.		
Chlore.....	cobaye : 2 gr. chien : 10 gr.	P.E. : — 34°	soluble dans l'eau se combine aux mat. org.	gaz	sans action
Brome.....	.....	P.E. : + 63°	» »	très peu persist.	
Chloroformiate de méthyle chloré (palite)..	cobaye : 1 gr.	P.E. : 106°	très facilement hydrolysable	peu persistant	décomposé
Chlorosulfate de méthyle	cobaye : 0,5	P.E. : 134°	facilement hydrolysable	»	
Diméthylcétone bromée	lapin : 0,5 à 1 gr.	P.E. : 136° et 46°/20mm	difficilement hydrolysé faibles aptitudes réact.	assez persistant	décomposé
Méthyléthylcétone bromée.....	cobaye : 0,5	P.E. : 50-52/20mm	» » »	» »	décomposé lentement
Chloroformiate de méthyle trichloré (surpalite).....	chien : 0,25	P.E. : 127°	lentement hydrolysable	peu persistant	sans action
Phosgène.....	chien : 0,25	P.E. : + 8°	facilement hydrolysé	gaz	»
Chloropicrine.....	chien : 0,50	P.E. : 112°	très difficilem. hydrolysé sans aptit. réactionnelle	assez persistant	»
Chlorure de phénylcarbylamine.....	lapin : 0,5	P.E. : 105°/15mm	difficilement hydrolysé ; faibles aptitudes réact.	assez persistant	décomposé lentement
Ypérite.....	chien : 0,5	P.F. : 14° P.E. : 217°	difficilement hydrolysé faibles apt. réact. sauf vis-à-vis des oxydants	très persistant	sans action
Chlorure de diphénylarsine.....	chien : 2 gr.	P.F. : 38° P.E. : 195°/15m	très difficilem. hydrolysé sans apt. réactionnelles		
Dichlorure d'éthylarsine	chien : 0,5	P.E. : 150-152°	facilement hydrolysé	peu persistant	sans action
Dibromure d'éthylarsine	chien : 0,5 à 1 gr.	P.E. : 192°	» »	»	»
Oxyde de méthyle dichloré.....	très grande	P.E. : 105°	» »	très peu persist.	»
Oxyde de méthyle dibromé[1]	?	P.E. : 154°	» »	peu persistant	
Cyanure de diphénylarsine.....	.....	P.F. : 31° P.E. : 196°/15m	très difficilem. hydrolysé sans aptit. réactionnelle		
N-éthylcarbazol.....	.....	P.F. : 69° P.E. : 190°/15mm	non hydrolysable sans aptit. réactionnelle		
Carbure $C^{16}H^{16}$ (?)[2].....	.....	P.E. : 222-25/21mm	» » »		

1. A été fabriqué en petite quantité en Allemagne, mais n'a été trouvé dans aucun des obus examinés par nous.

2. Ce carbure a été trouvé associé aux arsines aromatiques dans certains obus à + bleue et n'est peut-être qu'une impureté de fabrication ; mais il se peut qu'il constitue cependant un succédané du N-éthylcarbazol.

Quatre grandes firmes, parmi les usines visitées, s'étaient spécialisées dans la fabrication des gaz :

La Badische Anilin und Soda Fabrik; usine à Ludwigshafen (fabrication du phosgène et de différentes matières premières servant à préparer les arsines et l'ypérite : acide diphénylarsinique, oxyde d'éthylarsine, thiodiglycol);

Meister Lucius und Brüning, à Hœchst-am-Mein (surpalite, cétones bromées, chloropicrine, arsines, chlorure de phénylcarbylamine, etc.);

Friedrich Bayer, à Leverkusen (surpalite et chloropicrine);

Kalle et Cie, à Biebrich (acide phénylarsinique et isosulfocyanate de phényle, matières premières des arsines grasses et du chlorure de phénylcarbylamine).

Les fabrications du chlore, du phosgène et du brome ne présentaient rien de nouveau et nous n'en parlerons pas.

Bromures aromatiques. — Ils étaient obtenus en bromant les vapeurs de toluène et de xylène à chaud dans des appareils en fer émaillé. Afin d'éviter autant que possible la formation de dérivés bibromés, on n'utilisait que 1 3/4 molécule de brome par molécule de carbure.

Cétones bromées. — Les usines de Leverkusen, mais surtout celles de Hœchst (Meister Lucius) ont préparé, sous le nom de « B. Stoff », de grosses quantités de ces cétones bromées, et seule l'usine de Hœchst en a préparé plus de 1.000 tonnes pendant la guerre. Les deux cétones qui servaient de matières premières étaient retirées des produits de distillation du bois.

A Hœchst, le procédé utilisé consistait à bromer, en solution aqueuse, les cétones en présence de chlorate, ce dernier ayant pour but d'oxyder l'acide bromhydrique formé en régénérant le brome; après bromuration, le produit était agité avec un peu d'eau et de magnésie pour absorber l'acide libre, puis conservé en présence de magnésie; les cétones bromées pouvaient être conservées environ 2 mois dans des récipients en fer sans attaque appréciable.

A l'usine Bayer on bromait simplement la cétone en présence de carbonate de chaux.

Palite et surpalite. — Le chloroformiate de méthyle monochloré a été fabriqué sous le nom de « K. Stoff » par les établissements F. Bayer et Meister Lucius à partir du mois de mars 1915; quelques mois plus tard, cette fabrication fit place au produit dénommé « per-stoff », qui n'était autre que le dérivé trichloré; celui-ci fut l'un des gaz allemands les plus employés.

Ces deux usines n'utilisaient pas le même procédé; la première partait du formiate de méthyle, l'autre du phosgène.

Le phosgène était fourni aux usines de Hœchst par la B. A. S. F. A ces usines, on fabriquait tout d'abord le chloroformiate de méthyle en faisant agir le phosgène sur l'alcool méthylique à une température inférieure à 0° :

$$COCl^2 + CH^3OH = Cl.\,COOCH^3 + HCl.$$

Chaque opération portait sur 2 tonnes environ; le produit de la réaction était distillé, puis envoyé dans des appareils de chloration d'une capacité de 5 et 6.000 litres, doublés en plomb et munis de serpentin en plomb; l'opération de chloration se faisait au voisinage de l'ébullition, en éclairant la cuve à l'aide de 8 lampes Osram de 4.000 bougies chaque; l'opération durait de 15 à 20 jours. Le produit était débarrassé de 10 % de têtes, puis chargé tel quel.

A Leverkusen, par suite, semble-t-il, de la pénurie de phosgène, on partait de l'acide formique; celui-ci était éthérifié par l'alcool méthylique sans agent de condensation; l'éther obtenu était rectifié, puis chloré à la lumière (lampes Osram). On utilisait des récipients en fer de 2.000 litres de capacité, revêtus intérieurement de plomb et de briques, afin d'éviter tout contact avec le fer; la chloration durait de 8 à 14 jours.

Chloropicrine. — Pour fabriquer ce liquide, les usines Bayer et Meister Lucius ont utilisé la méthode classique qui consiste à faire réagir l'hypochlorite de calcium sur l'acide picrique. Ce produit toxique fut fabriqué en grande quantité (près de 250 tonnes mensuellement).

Chlorure de phényl-carbylamine. — Ce corps était préparé en Allemagne en partant de l'isosulfocyanate de phényle, obtenu lui-même par action du sulfure de carbone sur l'aniline.

Les réactions suivantes rendent compte de cette préparation :

$$(1)\qquad 2CS^2 + 2C^6H^5NH^2 + Ca(OH)^2 = (C^6H^5NH.C.S)^2Ca + 2H^2O$$

$$\ddot{S}$$

$$(2)\qquad (C^6H^5.NH.C.S)^2Ca. \longrightarrow 2C^6H^5NCS + Ca(SH)^2$$

$$\ddot{S}$$

$$(3)\qquad C^6H^5NCS + Cl^4 = C^6H^5.NCCl^2 + SCl^2$$

La préparation de l'isosulfocyanate de phényle était faite à l'usine Kalle et la chloration finale à l'usine de Hœchst.

Pour obtenir l'isosulfocyanate, on ajoutait au sulfure de carbone la quantité théorique de chaux sous forme de lait, puis peu à peu la quantité voulue d'aniline en maintenant la température à 25°. Le produit de la réaction était versé dans une solution sodique de chlorure de zinc concentrée; le sel de calcium de la réaction (2) se scindait alors pour donner l'iso

sulfocyanate. Celui-ci était séparé par entraînement à la vapeur d'eau.

A l'usine de Hœchst, on chlorait l'isosulfocyanate de phényle en faisant barboter du chlore dans le liquide maintenu à 0°. Le chlorure de soufre formé dans la réaction était éliminé par une distillation dans le vide.

Cette fabrication, commencée en mars 1917 (le premier obus tiré a été signalé en mai), aurait été de 721 tonnes jusqu'en janvier 1918. Ce fut donc un produit d'importance secondaire.

Sulfure d'éthyle dichloré (ypérite). — Ce corps fut très utilisé par les Allemands à partir de juillet 1917 ; sa production mensuelle n'était pas inférieure à 300 tonnes.

Le point de départ était l'éthylène, obtenu par déshydratation catalytique de l'alcool :

$$C^2H^5OH \rightarrow C^2H^4 + H^2O.$$

Cette déshydratation était faite à 350-400° à l'aide d'alumine. Aux usines de la Badische, la production journalière d'éthylène atteignait 10 à 12.000 m³.

L'éthylène était ensuite transformé, par l'acide hypochloreux, en chlorhydrine du glycol :

$$CH^2{:}CH^2 + Cl.OH = CH^2Cl.CH^2OH.$$

A cet effet, le gaz mélangé d'anhydride carbonique était envoyé dans un lait de chlorure de chaux à 10 %, refroidi à 10-15° ; l'opération terminée, le liquide était filtré et la solution, renfermant environ 10 % de chlorhydrine, était évaporée dans le vide jusqu'à concentration double.

La solution était alors traitée par la quantité théorique de sulfure de sodium cristallisé et transformée ainsi en thiodiglycol :

$$2(Cl.CH^2.CH^2OH) + Na^2S = S\left\langle\begin{matrix}CH^2 - CH^2OH\\ CH^2 - CH^2OH\end{matrix}\right. + 2NaCl.$$

L'opération se faisait à 90-100° et le liquide qui en provenait était concentré, puis filtré pour séparer le chlorure de sodium qui s'était déposé.

Toutes ces opérations étaient effectuées à l'usine de la Badische Anilin, et la préparation de l'ypérite même avait lieu aux établissements Bayer, et à l'usine de Griesheim.

A ces dernières usines, le thiodiglycol était traité par HCl et transformé ainsi en son éther chlorhydrique, qui n'est autre que l'ypérite :

$$S\left\langle\begin{matrix}CH^2 - CH^2OH\\ CH^2 - CH^2OH\end{matrix}\right. + 2HCl = S\left\langle\begin{matrix}CH^2CH^2Cl\\ CH^2CH^2Cl\end{matrix}\right. + 2H^2O.$$

L'opération était faite dans de grands réservoirs recouverts intérieurement de plomb et placés dans des chambres ventilées. La marche de la réaction était suivie par des prises périodiques de densité de l'huile qui se formait au fur et à mesure que l'éthérification avançait ; on arrêtait l'opération quand la densité de l'huile atteignait 1,26. L'ypérite était lavée à l'eau carbonatée, puis distillée sous pression réduite, mélangée avec différents solvants, puis envoyée en wagon-réservoir aux ateliers de chargement.

Chlorure et cyanure de diphénylarsine. — La fabrication de cette substance est assez laborieuse ; elle était réalisée aux usines Meister Lucius, Kalle, Bayer et à celles de la B.A.S.F. ; seule, l'usine Bayer fabriquait entièrement le produit; les trois autres maisons se bornaient à préparer soit l'acide monophénylarsinique, qui est l'un des termes de passage, soit l'acide diphénylarsinique en partant du précédent. La production de Kalle a été de 1.200 tonnes, et celle de la B.A.S.F. de 1.600 tonnes pendant la guerre ; celle de l'acide diphénylarsinique à Hœchst atteignait 150 tonnes en moyenne par mois et a dû être supérieure au total à 3.000 tonnes.

Le point de départ était le chlorhydrate d'aniline, qui était diazoté, puis transformé, par l'action de l'arsénite de soude, en acide monophénylarsinique, d'après les équations :

$$C^6H^5NH^2HCl + NO^2H = C^6H^5N{:}NCl + 2H^2O;$$
$$C^6H^5N{:}NCl + AsO^3Na^3 = C^6H^5AsO^3Na^2 + NaCl + N^2;$$
$$C^6H^5AsO^3Na^2 + 2HCl = C^6H^5AsO^3H^2 + 2NaCl.$$

La solution du diazoïque était versée lentement dans la solution d'arsénite de soude, maintenue à 10-15°, et dans laquelle on avait ajouté une certaine quantité de sel de cuivre, destiné à catalyser la réaction ; l'opération terminée, la solution était filtrée, puis traitée par HCl, qui précipitait l'acide monophénylarsinique.

Cet acide, dans une deuxième phase, était transformé en acide diphénylarsinique. A cet effet, il était d'abord réduit par l'acide sulfureux qui fournissait l'oxyde de monophénylarsine :

$$C^6H^5AsO^3H^2 + SO^2 = C^6H^5AsO + SO^4H^2.$$

En pratique, on utilisait le bisulfite de soude à 80°. L'oxyde de monophénylarsine se séparait sous forme d'une huile qui était décantée, puis dissoute dans la soude caustique ; il se formait ainsi le sel de soude : $C^6H^5.As(ONa)^2$.

Dans la solution de ce sel, on faisait couler une molécule de diazo, préparée comme il a été dit plus haut ; il se formait alors le sel de soude de l'acide diphénylarsinique :

$$C^6H^5As\left\langle\begin{matrix}ONa\\ ONa\end{matrix}\right. + C^6H^5N{:}N.Cl = (C^6H^5)^2AsO^2Na + NaCl + N^2.$$

La liqueur résultant de ce traitement était filtrée, puis traitée par l'acide chlorhydrique ; l'acide diphénylarsinique se séparait. Celui-ci était transformé aisément en chlorure, en faisant agir

sur lui l'acide chlorhydrique en présence d'un réducteur (SO^2), à la température de 80° :

$$(C^6H^5)^2AsO^2Na + SO^2 + HCl = (C^6H^5)^2As.Cl + SO^4NaH.$$

Le rendement, compté à partir de l'aniline, ne dépassait pas 25 à 30 % du rendement théorique.

Le cyanure était obtenu à l'Usine de Hœchst par double décomposition entre une solution saturée de cyanure de sodium chauffée à 60° et le chlorure précédent.

Chlorure et bromure d'éthylarsine. — Pour obtenir ces deux corps, on préparait tout d'abord l'oxyde d'éthylarsine : $C^2H^5.AsO$. Cet oxyde s'obtenait aux usines de la B.A.S.F. en faisant agir, en autoclave, le chlorure d'éthyle sur l'arsénite de soude (tempér. 90°, press. 10 à 15 atm.) :

$$C^2H^5Cl + AsO^3Na^3 = C^2H^5AsO^3Na^2 + NaCl.$$

Le chlorure d'éthyle était ajouté en plusieurs fois, de façon à éviter une pression trop considérable. L'opération terminée, on neutralisait la solution, puis on faisait agir SO^2 à 70°; l'oxyde se séparait alors sous forme d'une huile qui était expédiée à Hœchst :

$$C^2H^5.AsO^3H^2 + SO^2 = C^2H^5.AsO + SO^4H^2.$$

L'oxyde d'éthylarsine était transformé aisément en chlorure en faisant agir HCl à chaud :

$$C^2H^5.AsO + 2\,HCl = C^2H^5.AsCl^2 + H^2O.$$

Le rendement en oxyde d'éthylarsine était d'environ 80 %, et le rendement de la dernière opération était théorique.

Pour obtenir le bromure, il suffisait de faire agir HBr sur l'oxyde d'éthylarsine.

Oxyde de méthyle dichloré ou dibromé. — On obtient ces deux corps en faisant agir les hydracides naissants sur l'aldéhyde formique, réaction inverse de celle d'hydrolyse.

En pratique, on obtenait le dérivé chloré en faisant agir à froid la chlorhydrine sulfurique (SO^3HCl) sur la paraformaldéhyde ou la solution aqueuse d'aldéhyde formique, additionnée d'acide sulfurique ; le dérivé bromé se préparait en ajoutant du bromure d'ammonium à la solution sulfurique de *p*-formaldéhyde.

La production totale (en tonnes), pendant la guerre, des différentes usines allemandes dont nous venons de parler est donnée dans le tableau III, ces chiffres constituant d'ailleurs des minima. C'est donc près de 50.000 tonnes de toxiques divers qui ont été fabriqués par les trois grandes firmes allemandes; cette quantité pouvait permettre le chargement de 50 millions environ de projectiles de 77 !

III. — LES EXPLOSIFS

Certains obus étant mixtes, c'est-à-dire à la fois explosifs et toxiques, nous dirons quelques mots des explosifs allemands utilisés pour le chargement des obus et engins de tranchées.

Acide picrique. — Tout le monde connaît cet explosif, qui est désigné en Allemagne sous le nom de Granatfüllung 1888 ou Grf. 88. Il n'a jamais été chargé directement en obus, mais fut toujours utilisé dans une enveloppe en carton verni.

Tolite (ou trinitrotoluène). — Il est appelé Füllpulver 1902 ou Fp. 02. Cet explosif a été très utilisé dans les obus, car il est neutre et pouvait être chargé directement dans l'obus.

Füllpulver 60/40 (Fp. 60/40). — Cet explosif a été très employé également; il était constitué par un mélange de 60 p. de tolite et 40 de nitrate d'ammoniaque, coulé à chaud dans l'obus.

Trinitranisol (An.) $C^6H^2(NO^2)^3.(OCH^3)$. — N'est autre que de l'acide picrique méthylé ; P. F. : 66° ; il présente sur l'acide picrique l'avantage, étant neutre, de pouvoir être chargé directement en

TABLEAU III. — **Production totale en tonnes des gaz allemands**

Nature du gaz	B. A. S. F. à Ludwigshafen	Meister Lucius à Hœchst	F. Bayer à Leverkusen	Total	Date du début de la fabrication	Date de la fin de la fabrication
Phosgène	10.000	»	1.200?	11.200[1]		
Chloroformiate de méthyle trichloré		3.600	12.000	15.600	6/15	11/18
Cétones bromées		1.070	?	1.070	2/15	4/18
Chloropicrine		1.130	5.000	6.130	7/16	11/18
Bromures aromatiques		»	?	—	4/15	?
Arsines aromatiques		3.000		3.000	3/17	11/18
Chlorure de phénylcarbylamine		720		720	3/17	1/18
Arsines aliphatiques		1.100		1.100	8/17	10/18
Oxyde de méthyle dichloré ou dibromé		300		300	4/17	3/18
Ypérite		»	9.000	9.000	7/17	10/18

1. Une partie de ce phosgène (vraisemblablement 2.400 tonnes environ) a servi à préparer la surpalite.

obus. Il s'employait également mélangé au nitrate d'ammoniaque (An. 60/40).

Dinitrobenzène (Di). — Explosif très peu puissant, employé parfois associé dans les projectiles avec un explosif plus puissant tel que le trinitranisol. Il a été aussi utilisé avec le nitrate d'ammoniaque (Di 55/45).

Trinitronaphtaline. — Elle a été employée mélangée à la tolite dans des obus de petits calibres, en particulier dans certains obus à gaz; cet explosif ne fond qu'à 218°; elle a été utilisée dans les obus en mélange avec de la tolite; ce mélange peut être coulé directement en obus et il a été utilisé en particulier dans les obus à + bleue.

Hexanitrodiphénylamine : $C^6H^2(NO^2)^3.NH.C^6H^2(NO^2)^3$. — C'est un explosif très puissant qui ne fond qu'à 236° et qui, pour ce fait, a été généralement employé associé à la tolite ou au trinitranisol (bombe d'avions). Cependant, on l'a rencontré dans les bombes de tranchées du type à + bleue, dont nous reparlerons.

Sulfure de phényle hexanitré : $C^6H^2(NO^2)^3$-S-$C^6H^2(NO^2)^3$. — C'est un explosif fondant à 225° et ayant les mêmes emplois que le précédent. Il est obtenu en faisant réagir le chlorure de picryle ou trinitrochlorobenzène 1. 2. 4. 6, $C^6H^2(NO^2)^3Cl$, sur l'hyposulfite de soude.

Explosifs nitratés. — Les Allemands ont utilisé un grand nombre d'explosifs de mine au nitrate d'ammoniaque ; ils sont tous constitués par des mélanges de nitrate d'ammoniaque (75 à 85 %), d'un explosif nitré (10 à 15 %) (tolite, dinitrobenzène, etc.), de sciure de bois (3 à 5 %), et de nitroglycérine (2 à 4 %) (type astralit, donarit, etc.); à partir de 1917 la nitroglycérine a été assez souvent supprimée et remplacée par 10 % de perchlorate de potasse (perdit). Ces explosifs n'ont été utilisés que dans les projectiles de tranchée ou parfois dans les obus de petit calibre.

Tétranitrométhylaniline : $(NO^2)^3C^6H^2.N\begin{cases}NO^2\\CH^3\end{cases}$ ou *tétryl.* — Ce corps a été utilisé exclusivement, étant donné son fort pouvoir explosif, comme explosif d'amorçage.

IV. — PROCÉDÉS ET MOYENS D'ATTAQUE

Voyons maintenant quels procédés les Allemands ont utilisés pour porter ces différents gaz jusqu'à nos positions.

Le plus simple de tous, utilisé à Ypres, consistait à émettre le gaz des tranchées de premières lignes par vent favorable; ce gaz, très dense, était entraîné à la surface du sol jusqu'à nos lignes, qui se trouvaient bientôt submergées par un véritable nuage rendant l'air irrespirable.

Un second procédé, de beaucoup le plus employé, a consisté à enfermer les produits nocifs dans des projectiles et à provoquer l'explosion de ceux-ci aux points choisis, à l'aide des procédés déjà utilisés par l'artillerie. Les Allemands employèrent, à cet effet, soit les engins de tranchées (projectiles de minen-werfer), soit ceux lancés par les canons, les obusiers et les mortiers (obus).

§ 1. — Les vagues de gaz

L'expérience a prouvé que les gaz à forte densité, tels que le chlore, le phosgène, etc., peuvent, si les conditions atmosphériques sont favorables, se maintenir fort longtemps à la surface du sol, sans grande diffusion.

Les conditions les plus favorables sont réalisées quand le temps est froid, sec, sans soleil, et quand le vent, bien dirigé, souffle à une vitesse comprise entre 2 et 5 m. à la seconde (vitesses constatées dans les attaques allemandes).

Ces conditions sont rationnelles. En effet, quand le soleil luit, la terre s'échauffe et il se produit, de ce fait, des courants ascendants qui dissipent assez rapidement la nappe. D'autre part, comme la plupart des gaz sont ou assez solubles dans l'eau, ou hydrolysables, il importe que l'atmosphère soit sèche. Enfin, au point de vue du succès de l'attaque, il est nécessaire que la direction du vent soit aussi constante que possible. Or, ceci n'est réalisé que quand le vent souffle à une vitesse minima qui, par expérience, semble être, chez les Allemands, estimée à 2 m. par seconde; on évite ainsi les retours en arrière dangereux pour les troupes amies ; mais, d'autre part, le vent ne doit pas souffler en tempête, sans quoi les nombreux remous qui se produisent déterminent la rapide diffusion des gaz ; en pratique, la vitesse maxima admise par les Allemands a été d'environ 5 mètres à la seconde.

Si toutes ces conditions sont remplies, les gaz sont susceptibles de faire sentir leur action fort loin à l'arrière des lignes ; on a constaté, dans certains cas, des accidents encore graves à 20 km. du point d'émission, et l'odeur même fut parfois encore perceptible nettement à 40 km.

Contrairement à ce qu'on pouvait supposer, il est possible de procéder à des attaques de ce genre en terrain relativement accidenté, en tenant compte, toutefois, des courants locaux ; le gaz suit alors les dépressions où se trouvent les villages et se fait sentir également fort loin. Nous citerons comme exemple l'attaque allemande du 30 juin 1917 dans la région de Richecourt, où la vague a passé sur une crête et a progressé fort loin à l'arrière des lignes. De même, le 7 avril 1917,

dans le secteur Limey-Fey-en-Haye, la vague allemande a pu atteindre le village de Limey, après avoir traversé un petit vallonnement.

Au début des attaques allemandes, c'est le chlore pur qui fut utilisé, puis ensuite les vagues furent constituées par des mélanges de phosgène et de chlore ; il ne semble pas qu'il ait été fait usage d'aucun autre gaz. Très souvent, la vague contenait, en outre, un fumigène constitué par de l'anhydride sulfurique, additionné d'une petite quantité de chlorhydrine sulfurique destinée à le liquéfier : ce liquide était vaporisé dans des appareils (dits : Nebel-topf, Nebel-kasten, etc.) en le laissant couler simplement sur de la chaux vive. Les proportions respectives de chlore et de phosgène étaient certainement fort variables : dans une vague émise le 7 juin 1917 dans le secteur de Nieuport, nous avons trouvé une proportion de chlore d'environ 2/3.

Une attaque très intéressante avait été projetée par les Allemands au mois d'août 1917 entre Vaudesincourt et Rouvroy. Elle devait consister dans une première vague d'un gaz irritant dit : Reizgas, destiné à traverser les masques et à obliger les hommes à se démunir de leurs moyens de protection, puis, quelques minutes après, une seconde vague constituée par des gaz de combat, dits « Kampfgas », devait mettre à mal les hommes non protégés. Le premier gaz consistait certainement en chlorodiphénylarsine, émise à l'aide d'appareils chauffés, paraît-il, avec un mélange de soufre et de limaille de fer. Les gaz de combat étaient constitués par du chlore et du phosgène. Cette opération, que nos ennemis qualifiaient de « Sommer-Ernte » ou moisson d'été, échoua piteusement devant les tirs de destruction très efficaces exécutés par notre artillerie lourde contre les tranchées contenant le matériel d'émission.

Nous ne pouvons donner ici de détail sur le matériel utilisé par les Allemands pour émettre leur vague, car cela nous entraînerait trop loin. Contentons-nous d'indiquer qu'ils utilisaient des récipients spéciaux pesant 40 kg. environ, munis d'un robinet pointeau, continué par un long tube de plomb ; le tube d'émission plongeait jusqu'au fond du cylindre, de façon à émettre le liquide lui-même et à éviter ainsi le refroidissement dû à la détente. Quand la température est basse, on ne peut songer à employer le phosgène pur, qui bout à 8° ; les Allemands utilisaient alors des tubes chargés d'un mélange chlore-phosgène.

Les bouteilles à gaz étaient encastrées dans le parapet et protégées par des sacs à terre ; les tubes d'émission, réunis par 5 ou 6, venaient déboucher au delà du parapet. Ces bouteilles étaient munies de clés articulées permettant la manœuvre du robinet à distance.

La quantité de gaz devait, pour être efficace, être considérable et les Allemands utilisaient généralement environ 1 à 2 bouteilles par mètre courant ; c'est ainsi que, dans l'attaque de janvier 1917, dans le secteur de Champagne, attaque qui s'est développée sur une longueur de 9 km. 1/2, 18.500 bouteilles furent nécessaires.

En terminant ce paragraphe, j'indiquerai comment on a pu déterminer chimiquement la nature des gaz contenus dans les vagues ennemies. M. Kling a fait disposer dans tous les secteurs probables d'attaque des appareils qui, mis en fonctionnement dans la vague, indiquaient, à l'aide de réactifs appropriés, la nature des gaz ; ces appareils étaient placés soit dans les postes de secours de Bataillon (App. n°1), soit au poste de commandement de la Division ou de la Brigade (App. n°2). Ces appareils consistaient essentiellement en un aspirateur et un certain nombre de tubes analyseurs contenant les réactifs suivants :

1° Coton à l'iodure de potassium destiné à retenir le chlore ;

2° Solution d'eau d'aniline destinée à arrêter le phosgène, avec lequel elle fournit de la diphényl-urée ;

3° Solution de nitrate d'argent (gaz du type AsH^3) ;

4° Solution de carbonate de potasse (acide cyanhydrique et gaz acides) ;

5° Coton à l'huile de vaseline (gaz lacrymogènes à faibles propriétés réactionnelles).

Les données chimiques étaient d'ailleurs complétées par l'examen toxicologique et histologique des viscères des hommes intoxiqués, aux Laboratoires de MM. Lebeau et Mayer, et par l'étude des symptômes physiologiques de l'intoxication.

En fait, ce procédé d'attaque a été peu employé ; on ne compte guère, sur le front français, qu'une dizaine d'attaques importantes, et la dernière eut lieu dans la nuit du 30 juin au 1er juillet 1917, c'est-à-dire près de 17 mois avant la cessation des hostilités.

Ces attaques nécessitaient en effet la mise en œuvre d'un matériel considérable ; elles étaient à la merci du caprice des vents qui, plusieurs fois, rabattirent la vague empoisonnée dans les tranchées allemandes en y occasionnant de nombreux cas d'intoxication ; le commandement ne pouvait donc compter au jour dit sur ce procédé d'attaque. En outre, comme, à partir de 1916, nos troupes furent munies de moyens de protection fort efficaces, l'ennemi renonça aux vagues pour concentrer tous ses efforts sur les obus à gaz

dont les effets, très variés, répondaient à tous les besoins du commandement.

§ 2. — **Les engins de tranchée**

Il semble que, lors de l'attaque d'Ypres, les Allemands aient fait usage d'engins de tranchée, mais on n'a pu, à ce sujet, recueillir aucun fait précis.

Peu de temps après, et particulièrement en Argonne, leur usage devint fréquent. Les premiers engins furent surtout des grenades à main, en verre ou métalliques, contenant des cétones bromées, ainsi que des engins de fortune, rappelant l'engin dit : tuyau de poêle, de 90 mm. de diamètre; ces engins étaient chargés à Höchst (B. Stoff).

Mais bientôt, et dès le 18 juin 1915, on voit apparaître les projectiles du minen-werfer rayé de 17 cm. chargés en « B. Stoff » (cétones bromés) et en « C. Stoff » (chloroformiate de méthyle chloré). Rappelons que le premier de ces engins, trouvé à Neuville-Saint-Vaast, contenait 2 récipients chargés vraisemblablement l'un de chloroformiate, l'autre de chlorosulfate de méthyle.

Dans le cours de l'année 1915, les Allemands firent usage des projectiles des M. W. de 7,6 cm. et de 17 cm.; ils rappelaient les projectiles explosifs normaux, mais à l'intérieur on avait logé un récipient en plomb destiné à recevoir le liquide asphyxiant. Une petite charge d'explosif (acide picrique ou tolite), placée, soit dans la gaine relais, soit dans l'ogive du projectile (cas du 17 cm.), déterminait l'ouverture du projectile et la projection du liquide en flaque.

A la fin de 1916, l'emploi du phosgène (D. Stoff) permit de supprimer le récipient intérieur en plomb et d'employer les demi-bombes de 25 cm. d'une capacité d'environ 18 litres.

Plus tard, les projectiles de minen-werfer rayés se réduisirent de nouveau aux types de 7,6 et 17 cm. et ils devaient, à dater du 1er septembre 1918, porter les mêmes marques que les obus, c'est-à-dire des croix verte, jaune et bleue sur la signification desquelles nous reviendrons.

Ces différents projectiles étaient utilisés généralement avec les fusées percutantes ordinaires, dans des tirs de surprise ou de harcèlement sur les tranchées, les corvées et le ravitaillement, ainsi que dans les attaques par nappes gazeuses pour battre les îlots non atteints par la nappe gazeuse, enfin dans les attaques pour battre certains points rapprochés.

Au mois de décembre 1917, les Allemands commencèrent à faire usage des projectors, qui avaient rendu de grands services à nos alliés anglais. Ce procédé d'attaque consiste, comme on sait, à lancer en une seule salve plusieurs centaines de projectiles sur un objectif limité, qui se trouve ainsi absolument submergé par les gaz; l'effet de surprise est tel que, la plupart du temps, les hommes n'ont pas le temps de mettre leurs masques et se trouvent plus ou moins atteints par les gaz. On ne peut songer à utiliser, pour un pareil tir, des canons de tranchées, et, comme nos alliés, les Allemands employèrent comme engins propulseurs de simples tubes en acier, avec allumage électrique, et des projectiles non rayés de 18 cm. munis d'une fusée fusante, le projectile n'étant pas dirigé. Ces projectiles renfermaient soit du phosgène pur, soit du phosgène additionné de 40 à 50 % de diphosgène (surpalite) ou de chloropicrine. Enfin ceux marqués d'une + bleue contenaient un mélange non homogène d'explosif (hexanitrodiphénylamine) et de chlorodiphénylarsine, à parties sensiblement égales; l'explosion causait une vaporisation de l'arsine qui était ainsi très active.

Le 21 août 1918, nos adversaires utilisèrent pour la première fois, dans les Vosges, un nouveau projector rayé de 16 cm., lançant ses projectiles à plus de 3.200 mètres (tir du 12 octobre 1918 vers Altkirch). Ces projectiles contenaient du phosgène pur et des granulés de ponce, destinés à ralentir l'évaporation du gaz.

Le tableau IV ci-contre donne la nomenclature des projectiles de tranchée effectivement utilisés sur le front français.

§ 3. — **Les obus**

Généralités. — Les obus à gaz ont constitué de beaucoup l'arme chimique la plus utilisée par nos adversaires, arme dont l'emploi ne fit que croître jusqu'au jour de l'armistice.

Aussi bien dans la guerre défensive que dans l'offensive, les Allemands ont utilisé, sous forme de tirs de surprise ou d'infection, des quantités énormes d'obus à gaz. Parfois, cet emploi fut massif : c'est ainsi que notre front, entre Neuvilly et la rive gauche de la Meuse, sur une longueur de 10 km., reçut, dans la nuit du 31 juillet au 1er août 1917, 3 à 400.000 obus à ypérite; cette débauche de projectiles était destinée sinon à empêcher, du moins à gêner, nos préparatifs d'attaque contre le Mort-Homme; de même, lors de l'offensive allemande de la Marne, en juillet 1918, près de 80 % de munitions ennemies étaient constituées par des obus à gaz (à + bleue et à + verte) et, sans pouvoir préciser le chiffre exact des obus à gaz utilisés dans cette affaire, on peut le chiffrer, au bas mot, à plusieurs centaines de mille.

Comment les différents gaz dont nous venons

TABLEAU IV. — **Projectiles de tranchée allemands utilisés sur le front français**

Calibre	Type	Marques	Produit toxique		Fusées
			Nature	Poids	
7,6	Project. spécial à récipient intérieur en plomb	B	Bromures arom. ou cétones bromées	0^k700	L.W.M.Zdr.
»	»	C	Chloroformiates de méthyle chlorés	0^k827	»
»	Différents types	D	Phosgène	0^k650 à 0^k735	»
»	Minen Lotte modifié	+ verte	»	0^k650	A.Z. 16 f.l.W.M.
17 cm.	Projectile spécial à récipient intérieur en plomb	B	Méthyléthylcétone bromée	11^k environ	Z.s.u.m.W.M.
»	»	C	Chloroformiate de méthyle monochloré	11^k50	»
»	M. Spgr. M. (modifié)	D	Phosgène	12^k500	»
»	M^le 1916	+ verte	»	»	»
»	»	+ jaune	Ypérite	10^k700	»
25 cm.	1/2 S. Spgr. M. (modifié)	D	Phosgène	26^k	»
18 cm.	Projectile lisse	D	Phosgène add. de diphosgène ou de chloropicrine	7^k30	»
»	»	+ bleue	Chl. de diphénylarsine	2^k570	» Explosif : hexanitrodiphénylamine : 2^k670
16 cm.	Projectile rayé	+ verte	Phosgène avec granulés de ponce	0^k620	Z.m.u.s.W.M.

de parler étaient-ils utilisés par le commandement allemand ?

Sans entrer actuellement dans la question de tactique proprement dite, indiquons que, vers le milieu de l'année 1918, les différents gaz étaient classés en trois catégories correspondant aux emplois tactiques. Ces obus étaient distingués par des marques de peinture constituées par des croix de différentes couleurs peintes tant sur l'obus lui-même que sur les paniers à obus.

Les obus marqués d'une + verte (laquelle se subdivisait en trois variétés) contenaient des produits relativement volatils et étaient utilisés, de ce fait, principalement dans les tirs d'offensive ou encore dans ceux de surprise.

Les obus porteurs d'une + jaune étaient toujours chargés en ypérite (additionnée de 20 % de dissolvant). L'ypérite étant un produit peu volatil et très persistant, ces obus n'étaient utilisés que dans les secteurs défensifs.

Enfin, la 3e variété était constituée par des obus porteurs d'une + bleue. Ceux-ci contenaient, outre une forte charge explosive, une bouteille remplie d'une arsine aromatique. Ils constituaient les véritables projectiles d'offensive, car le produit actif, d'ailleurs très peu toxique, se trouvait localisé exclusivement dans les fumées des gaz de l'explosion et son action disparaissait avec celles-ci.

Les obus à gaz des types à + verte et à + jaune ne contenaient qu'une faible charge explosive constituée, soit par la gaine-relais de la fusée, soit par une charge allongée contenue dans un tube central s'appuyant sur le culot. Sous l'action de cette charge, l'obus se fragmentait grossièrement et la plus grande partie du liquide qu'il contenait se répandait en flaque sur le sol. Par contre, les obus à + bleue étaient de véritables projectiles explosifs au sein desquels était noyé un flacon en verre rempli d'arsine aromatique.

Pour rendre l'effet des gaz plus rapide et aussi pour dérouter leurs adversaires, les Allemands utilisèrent, vers la seconde moitié de l'année 1918, des obus à chargement à + verte et à + jaune, contenant une forte charge explosive ; ces obus étaient marqués d'une + verte ou jaune. Le bruit de l'explosion de ces obus était suffisant pour faire croire à l'arrivée d'un obus purement explosif et non d'un obus à gaz ; le liquide toxique était en outre finement pulvérisé sous forme de brouillard et de ce fait beaucoup plus actif.

Dans les derniers temps, les gaz, qui, comme nous l'avons indiqué, n'attaquaient pas ou peu l'acier, étaient placés directement dans les projectiles. La fusée, la gaine-relais et s'il y avait lieu, le culot vissé, étaient mastiqués à l'aide d'un ciment à l'oxychlorure de magnésium. En 1915, le chargement des obus, qui, rappelons-le, contenaient soit des bromures aromatiques (obus T), soit du chloroformiate de méthyle monochloré (obus K), était contenu dans des récipients en plomb arrimés à l'aide de paraffine.

Les premiers obus utilisés étaient du calibre de 15 cm. et exceptionnellement de 10,5 cm., ce qui s'explique, étant donnée la nécessité où l'on était de placer les produits toxiques employés

alors dans des récipients de plomb. Quand les Allemands utilisèrent des produits qui n'avaient plus d'action sur le fer (diphosgène, chloropicrine, etc.), ils employèrent très abondamment les obus de petits calibres (7,7, 10, 5 cm.), qui présentaient l'avantage de pouvoir être lancés par le matériel courant de campagne. Cependant, ils ne délaissèrent pas les gros calibres, et le mortier de 21 cm. fut abondamment pourvu de munitions à gaz, ainsi, bien entendu, que l'obusier lourd de campagne (15 cm.).

Une autre évolution intéressante à noter de l'Artillerie allemande fut l'emploi, dans le courant de l'année 1918, de munitions à gaz pour canons à longue portée (canons de 15 cm. : portée : 20 km. ; canons de 17 cm. : portée : 24 km. ; canons de 24 cm. : portée : 26 km.). Cet emploi est d'autant plus surprenant que le nombre de coups tirés par ces pièces était toujours très limité, alors que, d'après les instructions allemandes, l'emploi des gaz nécessitait normalement (sauf pour les tirs de surprise) une assez grande quantité de projectiles et, en tout cas, un très bon groupement des coups, difficile à réaliser aux grandes distances.

Les fusées qui armaient les premiers projectiles étaient simplement percutantes ; dès que l'Artillerie allemande fut dotée de fusées instantanées, analogues aux fusées françaises, les obus à gaz furent armés avec ces fusées qui permettaient de réaliser de meilleures conditions de répartition des gaz à la surface du sol.

On a signalé, et les documents allemands parlent, de tirs à gaz fusants. A notre connaissance, ces tirs furent exceptionnels, ce qui se conçoit, étant donnée la difficulté de leur réglage.

Nomenclature des obus à gaz. — Nous donnons ci-contre (page 249) le tableau des obus à gaz allemands en usage en octobre 1918, avec leurs principales caractéristiques.

Organisation des projectiles. — Dans les obus à + bleue, l'arsine est contenue dans une bouteille en verre, placée au sein de l'explosif, le goulot tourné vers le culot du projectile.

Dans les obus à + jaune ou verte l'explosif est placé dans l'ogive et séparé du liquide asphyxiant par un diaphragme en forme de calotte, vissé à l'intérieur de l'obus.

La charge des obus de 15 cm. Gr. n/A à + jaune, 15 cm. Gr. 12 (Verst.), 21 cm. et 24 cm., est placée dans un tube central ; celle de tous les autres obus est constituée par la gaine-relais de la fusée.

Emploi tactique. — Cette question sort quelque peu du cadre de cette conférence ; toutefois, nous en dirons quelques mots, car l'emploi tactique des gaz est conditionné, pour une grande part, par leur nature et leurs propriétés chimiques. On peut dire, d'une façon générale, que l'Artillerie allemande a toujours pratiqué le tir sur zone, ainsi que le montrent les diverses instructions émanant du haut commandement. Ce mode d'emploi convenait parfaitement aux produits relativement fixes qui constituaient leurs gaz de combat. En outre, ils n'ont jamais utilisé de fumigènes et le réglage du tir était obtenu au préalable par des obus explosifs fumigènes.

Dans leur première instruction (correspondant aux obus K et T), il est indiqué que le tir sur les positions d'infanterie sera effectué sur une profondeur de 400 mètres, par bonds successifs de 25 mètres, chaque batterie pouvant couvrir une zone de 150 m. de largeur. Le tir contre les petits vallons et les bois est recommandé comme particulièrement efficace.

Dans une autre instruction, datée du 18 février 1917 et relative aux obus à + verte (diphosgène), il est dit que le tir d'efficacité doit être effectué, *en terrain plat*, sur une étendue minima de 1 km. carré, la dimension la plus faible ne devant pas être inférieure à 700 m. ; les meilleurs résultats seront obtenus avec un tir massif et de longue durée (6 à 8 heures). Le tir sera d'autant plus efficace que l'atmosphère sera plus calme (absence de soleil et de vent), et, à ce point de vue, il sera particulièrement indiqué de choisir la nuit ou alors des lieux boisés ; une forte pluie rend le gaz inefficace. Ce document prévoit, pour 1 km. carré, 12.000 coups de 77, soit environ 12 tonnes de gaz. Dans le tir on doit tenir compte, bien entendu, de la direction du vent et en principe commencer le bombardement par le côté situé au vent. La même instruction indique que les tirs de harcèlement comprendront des séries de 100 coups de 77 concentrés en un même point et un temps maximum de 2 minutes. Les obus à + verte peuvent également être utilisés dans un tir d'anéantissement, dans la proportion de 10°/₀.

Dans l'instruction du 1er juillet 1917, apparaissent les 3 types d'obus : + verte (avec ses 3 variétés : ordinaire, 1 et 2), + jaune et + bleue. Les obus à + verte devront être de préférence utilisés avec les obus à + bleue, dont les gaz traversent le masque ; la + verte 2 remplacera, jusqu'à un certain point, cette combinaison.

Le gaz des obus à + jaune (ypérite) est signalé comme présentant l'avantage d'être inodore et de n'exercer aucune action irritante. On combinera l'emploi des obus à + jaune avec celui d'obus explosifs, de façon à dérouter l'adversaire.

Les obus à + bleue sont peu toxiques, mais ont une action destructive égale au 1/4 environ

TABLEAU V. — **Caractéristiques des obus à gaz allemands**

Désignation	Nature du produit toxique	Obus				
		Calibre	Type	Poids du produit toxique (en kg.)	Type de la fusée	Charge explosive en gr.
Croix verte ordinaire.....	Surpalite 50 } environ Chloropicrine 50 } environ	7,7 cm. 10,5 — 10 — 15 — 21 —	L.F.K. Gr. L.F.H. Gr. 10 cm. Gr. 15 15 cm. Gr. 12n/A 21 cm. Gr. 96n/A	1 kg. 00 2 00 2 50 6 25 16 00	K.Z.14n/A et E.K.Z.17 E.H.Z.17 Gr.Z.04 ou 14n/A » Gr.Z.17 ou 92	23 23 90 ou 63 90 ou 63 920
Croix verte 1.....	Cétones bromées ou chlorure de phénylcarbylamine	comme pour la + verte ordinaire.				
Croix verte 3 (ou + jaune 1)....	Dichlorure d'éthylarsine } seuls ou mélangés Dibromure d'éthylarsine } seuls ou mélangés Oxyde de méthyle dichloré } seuls ou mélangés	10,5 cm. 21 —	L.F.H. Gr. 21 cm. Gr. 96n/A	1 kg.750 à 2 kg.50 15 kg. 050	E.H.Z.17 Gr.Z.17	23 900 (tube central)
Obus à + jaune..	Sulfure d'éthyle dichloré additionné de 20 % de CCl^4, chlorobenzène, nitrobenzène, oxyde de méthyle dichloré, seuls ou mélangés	7,7 cm. » 10,5 cm. 10 — 13 — 15 — » » 17 cm. 21 — 24 —	L.F.K. Gr. K. Gr. 16 L.F.H. Gr. 10 cm. Gr. 15 ? 15 cm. Gr. 12n/A 15 cm. 12 (verst) 15 cm. Hb. Gr. 16 17 cm. Sp. Gr. L/4.7 2 cm Gr. 96n/A 24 cm. Sp. Gr. L/4.2	0 kg. 760 0 610 1 600 1 145 ? 4 500 3 600 3 800 5 500 12 400 11 50	K.Z.14n/A ou 17 E.K.Z.17 E.H.Z.17 Gr.Z.14 ou 14n/A ? Gr.Z.17 » Gr.Z.04 » Gr.Z.17 Hbgr.Z.17	23 23 23 62 ? 165 (t. cent.) 90 (t. cent.) 90 90 900 (t. cent.) 1.640 (t. cent.)
Obus à + bleue..	Chlorure ou cyanure de diphénylarsine additionné parfois de N-éthylcarbazol	7,7 cm. 10,5 — » 15 cm. » 21 cm.	L.F.K. Gr. L.F.H. Gr. 10 cm. Gr. 15 15 cm. Gr. 12n/A 15 cm. Gr. 12(verst) 21 cm. Gr. 17	0 kg. 135 0 350 0 37 1 350 1 00 3 850	E.K.Z.16 ou 17 E.H.Z.17 Gr.Z.14n/A Gr.Z.17 » »	650 1.300 850 3.275 2.300 8.340
Obus à ‡ verte..	Diphosgène (ou phosgène) + chloropicrine	15 cm.	15 cm. Gr.12(verst)	3 kg. 240	Gr.Z.17	1.090
Obus à ‡ jaune..	Comme les obus à + jaune ordinaire	10,5 cm. 15 — 21 —	L.F.H. Gr. 15 cm. Gr.12 (verst) 21 cm. Gr. 17	d'après un document allemand 2 kg. 800 d'après un document allemand	Gr.Z.17	1.090 à 1.230

NOTA — La variété + verte 2 (phosgène, diphosgène et chlorure de diphénylarsine) avait disparu des approvisionnements en 1918.

de celle des obus explosifs; cependant, ils devront toujours être employés simultanément avec la + verte; ils peuvent être utilisés par mauvais temps.

Tous ces obus seront tirés percutants.

Dans le tir de surprise, il serait fait usage d'obus à + verte et à + bleue; dans les tirs de grande importance, on créera un marais de gaz à l'aide d'obus à + verte, à raison de 6.000 coups de 77 par km. carré.

La + jaune sera employée simultanément avec des obus explosifs dans la défensive.

L'instruction définitive du 1er décembre 1917 contient une foule de renseignements intéressants. Il est signalé que les obus à + jaune peuvent être tirés fusants en réglant le point d'éclatement très bas. Trois genres de tirs sont prévus : 1° *Les tirs de surprise* avec obus à + verte et à + bleue, 2° *les tirs d'infection* avec obus à + jaune, 3° *les tirs destinés à former des nappes*, avec emploi d'obus à + verte et de quelques obus à + bleue. Le vent, autant que possible, ne devra pas dépasser 1 m.50 pour la formation de nappes, 3 mètres dans le tir de surprise et 5 mètres dans le tir d'infection. Dans cette instruction, il est également question des obus à + jaune à forte charge explosive. Le terrain battu peut être parcouru en hiver 2 heures après le tir dans le cas de la + verte, 12 heures pour la + jaune (mais sans séjourner) et, pour la + bleue, dès la disparition du nuage produit par les éclatements.

Dans la dernière instruction, en date du 9 juillet 1918, il est annoncé qu'à l'avenir la plupart des obus à gaz seront à forte charge explosive; les obus à + jaune à forte charge explosive sont plus efficaces et leur persistance moindre; en outre, ils se prêtent mieux à l'offensive.

En fait, au moment de l'armistice, il existait assez peu d'obus à +.

Arrivé au terme de cette conférence, je me permettrai de tirer des faits que M. Cornubert et moi-même avons exposés, une conclusion :

Saisis tout d'abord et quelque peu désemparés par l'attaque allemande du 22 avril, nous nous sommes mis rapidement au travail et avons créé de toute pièce l'industrie du chlore, du phosgène, du brome, etc., et cet effort nous a permis de répondre assez rapidement, et coups pour coups, aux procédés de l'adversaire. Cependant, il est indiscutable qu'au début l'ennemi nous a manœuvrés et nous a imposé des méthodes de combat qui n'étaient pas sans nous nuire grandement. Cette surprise était due à notre état d'impréparation et au fait que l'industrie chimique était chez nous fort peu développée. Le rôle joué par la Chimie pendant cette guerre aura montré à tous, j'espère, que la *Défense Nationale et la Chimie ne font qu'un et qu'il importe de développer les recherches scientifiques et industrielles qui ont eu, chez nous, comme point de départ, la guerre des gaz.*

Daniel Florentin,
Chef de la Section des Explosifs et des Gaz
au Laboratoire Municipal de Paris.

L'ATTAQUE DES VÉGÉTAUX PAR LES TERMITES

PREMIÈRE PARTIE : L'INVASION

Vers la fin du XVIIIe siècle, les villes de la Rochelle, Rochefort, Saintes, Tonnay-Charente furent envahies par une espèce de Termites, le Termite lucifuge ou Fourmi blanche (*Termes lucifugus* Ross). Peu à peu l'espèce se propagea aux régions voisines, de sorte qu'aujourd'hui elle possède une aire de répartition fort étendue. Partout ces êtres pénétrèrent dans les habitations et y causèrent des dommages considérables.

Les Termites, en effet, s'installent dans les boiseries des maisons : charpentes, planchers, poutres diverses, etc. Ils passent d'un étage à l'autre en creusant des galeries sous le plâtre et les tapisseries, ou en construisant des conduits tubulaires avec des matériaux agglutinés; s'ils rencontrent le pied d'un meuble, ils l'attaquent, montent à son intérieur, se répandent dans les piles de livres, de papier ou de linge. Tout leur est bon; ils dévastent tout, rongent tout. Mais ils respectent soigneusement la surface libre des objets envahis, de sorte que ceux-ci paraissent indemnes jusqu'au moment où une cause quelconque, un choc accidentel, par exemple, les fait tomber en poussière. Quand ces insectes ont pris possession d'une maison, on n'est jamais sûr qu'un jour le toit ne s'écroulera pas à l'improviste; on a malheureusement eu des exemples de ces terribles catastrophes.

Les souches, les troncs d'arbres abandonnés sur le sol, les piles de bois entassées dans les champs, les cours ou les magasins ne sont pas ménagés; en un mot tout objet en bois brut, équarri ou travaillé est la proie de ces terribles ravageurs.

Le Termite lucifuge, comme son nom l'indique, ne se montre jamais au grand jour; ce n'est qu'à l'obscurité qu'il travaille; on ne le voit jamais, à moins que ce ne soit par accident. Lorsqu'il s'installe dans une pièce de bois, presque toujours on ne s'aperçoit de sa présence que lorsqu'il est déjà trop tard.

Ces faits sont connus de tous et depuis longtemps; mais ce qu'on sait moins couramment, c'est que ce n'est pas seulement le bois sec qui est envahi par ces êtres, que ce sont aussi les bois sur pied, c'est-à-dire les arbres encore vivants, que ce sont également les arbustes, les plantes des jardins, les légumes, les céréales, voire même les herbes des champs. Les plantes vivantes sont donc pour ces êtres une proie recherchée.

Ce n'est évidemment pas d'aujourd'hui que ces dangereux insectes attaquent les végétaux, puisque peu de temps après leur apparition en Charente-Inférieure, les habitants des contrées envahies se plaignirent des dégâts qu'ils occasionnaient aux plantes de leurs jardins et de leurs champs. Mais jusqu'ici on n'attachait guère d'attention aux dévastations de ces êtres, on les laissait faire; malheureusement le mal s'étend chaque jour, et « si l'on n'y prend garde, plusieurs départements de l'Ouest sont menacés de perdre toutes leurs plantations », a dit M. Edmond Perrier dans une chronique du *Temps*, qu'il a consacrée à cette question (30 mars 1911). C'est donc là un sujet d'une importance capitale. J'ai pensé qu'il était du devoir d'un naturaliste de secouer cet état de torpeur et de signaler le danger. En diverses notes parues depuis 1910, principalement dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* et dans ceux de la *Société de Biologie*, j'ai fait connaître les résultats de mes travaux sur cette question; ce sont eux que je vais résumer ici, en y ajoutant mes dernières observations.

***

En ce qui concerne les régions tropicales, nous possédions sur ce sujet un certain nombre d'observations antérieures à mes recherches. C'est ainsi que Silvestris signale le *Captotermes gestroi* Wasm. qui, dans les Indes orientales, s'attaque aux arbres et les détruit, et le *Captotermes marabitanus* Silv. qui, au Brésil, cause de grands dégâts aux arbres à caoutchouc; Marlatt fit connaître qu'en Floride diverses espèces de Termites ont causé d'énormes dommages aux orangers; on rapporte qu'au Soudan ces êtres rongent les pousses tendres du *Carica papaya*, etc. Cependant, en somme, peu de faits étaient décrits, bien qu'on puisse affirmer que les cas de dévastations sont, dans ces pays chauds, beaucoup plus fréquents qu'on ne le dit; mais, comme le fait si bien remarquer Escherich, on y porte peu d'attention par suite de la surabondance de la végétation. Dans notre pays où chaque arbre a son prix, les dégâts des Termites s'imposent davantage. Mais, même chez nous, malgré l'importance que présentent les dommages causés, nos renseignements sont encore peu nombreux.

J'ai examiné avec beaucoup d'attention tous les arbres contenus dans un rayon déterminé et j'ai constaté que le nombre des sujets atteints est bien plus considérable qu'on n'est tenté de le penser tout d'abord. La raison en est que beaucoup de malades passent inaperçus, soit parce que les galeries des insectes ne sont pas apparentes et que ce n'est qu'après de minutieuses recherches qu'on peut les découvrir, soit parce que les regards du propriétaire ou du jardinier ne se portent pas sur les arbres des promenades et des bois, qui sont pour eux d'un intérêt moins immédiat que les arbres fruitiers; c'est surtout les ravages faits à ces derniers que connaissent les habitants des Charentes.

Les arbres fruitiers le plus souvent atteints sont les poiriers, les pommiers, les cerisiers, les châtaigniers, les noyers, les figuiers, les amandiers; il en est de même de la vigne. Parmi les arbres d'ornement ou les essences forestières, j'indiquerai les magnolias, les ormeaux, les marronniers, les frênes, les acacias, peupliers, chênes, charmes, tilleuls. Les arbres à résine ne sont pas à l'abri des dévastations; j'ai vu des pins et des sapins malades et l'on m'a cité le cas de plusieurs cèdres du Liban. Escherich signale aussi le cyprès.

Pour donner une idée de l'importance du mal, j'ai établi une statistique des arbres atteints dans une localité de la Charente-Inférieure, voisine de Rochefort. Pour cela, je ne me suis adressé qu'aux arbres des promenades, j'ai laissé complètement de côté ceux des jardins, étant dans l'impossibilité de pénétrer dans les propriétés privées, ainsi que ceux des petits bois assez nombreux autour de cette ville (j'ajouterai simplement que, dans ces bosquets, j'ai noté plusieurs arbres malades, mais ils n'entrent pas dans mon décompte).

Cette statistique, dressée en août 1908, indique 139 arbres malades sur 735, soit le *cinquième* environ. Cette proportion est réellement énorme, effrayante même, car les sujets atteints sont voués à une mort certaine dans un temps plus ou moins éloigné.

De même que toutes les essences d'arbres sont susceptibles d'être attaquées, les arbustes les

plus divers peuvent être la proie des Termites. Comme étant principalement atteints en Charente-Inférieure, dans les arrondissements de la Rochelle, Rochefort et Marennes, je citerai l'aubépine, le jasmin du Japon (*Tecoma grandiflora*), les lilas, les lauriers-roses et surtout les rosiers.

Ici encore, en ce qui concerne les arbustes, les dévastations sont plus importantes dans les pays chauds que chez nous, et la plante y succombe beaucoup plus rapidement. Le fait suivant, qui m'a été rapporté par une personne venant de Konakry, montre à quel point ces insectes sont redoutables. Dans son jardin, elle avait planté quarante cinq rosiers ; ces arbustes furent promptement envahis par les Termites et au bout d'un temps relativement très court, tous moururent, *sans exception*. Les tiges étaient rongées par les insectes qui y avaient creusé leurs galeries, et, au pied de chaque rosier, dans le sol, on trouva des Termites en grande quantité.

Les dégâts observés sur les arbustes, bien que très graves dans un grand nombre de cas, sont cependant moins importants que ceux qu'on peut constater sur les plantes potagères et les céréales ; là, le dommage peut s'étendre à de grands espaces et les pertes en résultant peuvent être considérables. Escherich cite un champ de blé entièrement dévasté par les êtres dont il est ici question. Marlatt nous apprend que, dans l'Amérique du Nord, le *Termes fladipes* dévaste les plantations de pommes de terre, dont il attaque les tubercules. D'après Wells William, les Termites causent de grands dommages en Chine, où ils ravagent un grand nombre de plantes diverses, etc.

D'après mes propres observations, ces insectes, en Charente-Inférieure, attaquent les plantes d'ornement et potagères les plus variées. Les plantes sauvages ne sont pas non plus à l'abri de leurs atteintes, car on a constaté leurs méfaits jusque sur les mauves.

Parmi les plantes d'ornement, les géraniums (*Pelargonium*) sont particulièrement recherchés. Bien rares, en effet, sont les jardins, dans les régions où les Termites existent, qui ne renferment pas de géraniums plus ou moins rongés ; je connais un jardin, à Rochefort, où l'on a dû renoncer à élever de ces végétaux ; même fait à Tonnay-Charente. Je puis encore citer les dahlias, chez lesquels tantôt ce sont les tubercules seuls qui sont visités, tantôt uniquement les tiges, mais le plus souvent ces deux parties à la fois ; puis encore les cannas, les bégonias, les anthémis, les giroflées, les héliotropes, les œillets, les pâquerettes, etc. Le mal est parfois si général qu'on est dans l'obligation d'abandonner toute culture ; dans certains jardins de Taillebourg, on a renoncé à élever des fleurs en pleine terre, toutes étant rongées et détruites ; le même fait s'est produit, pendant plusieurs années, dans une localité de l'île d'Oléron.

Quant aux plantes potagères, peu échappent aux attaques des Termites. Je puis citer, comme étant le plus fréquemment atteints, les choux, les artichauts, les carottes, les pommes de terre, les salsifis, les navets, etc., et, dans un autre ordre d'idées, le blé et l'avoine. Comme exemple, j'indiquerai une vaste planche de salsifis qui, à Rochefort, fut entièrement ravagée au point que le propriétaire ne put en utiliser *aucun*.

Enfin, pour terminer cette énumération, je crois devoir indiquer le fait suivant, qui m'a été rapporté par une personne digne de foi. Des pommes placées dans un meuble, au bout de peu de jours, furent envahies par les Termites, au point qu'elles ne purent pas être mangées.

Les faits qui précèdent nous montrent donc que les Termites attaquent aussi bien les plantes franchement ligneuses (arbres, arbustes, héliotropes, etc.) que celles à tissus mous ou aqueux comme les pommes de terre, les géraniums, les bégonias. On les rencontre dans les parties aériennes, dans les racines, les tubercules et même les fruits. Mais si toutes les plantes peuvent être attaquées, elles ne sont pas également envahies, certaines, comme les géraniums, paraissant être plus recherchées. J'ai également remarqué que, dans une région, des espèces végétales sont plus particulièrement atteintes que d'autres, tandis que dans une localité voisine c'est exactement le contraire ; il est évident que dans ces cas interviennent des facteurs qui nous sont encore inconnus.

*

Chez une plante termitée, parfois rien ne décèle au dehors la présence des Termites, ceux-ci se comportant alors de la même façon que lorsqu'ils ravagent le bois mort.

Dans ce cas, s'il s'agit d'un arbre, ils creusent des galeries à l'intérieur des racines, du tronc et des branches, rongeant ceux-ci en tous sens, ne ménageant vers l'extérieur, au-dessous de l'écorce, qu'une très mince couche de bois. Le sujet atteint ne présentant rien de particulier, l'invasion ne peut donc même pas être soupçonnée ; ce n'est qu'au moment de la mort ou lors de la taille qu'on s'aperçoit du mal. Lorsque l'arbre est sur le point de mourir, en effet, il présente des signes particuliers que je décrirai plus loin, et lors de la

taille, en coupant une branche, on peut constater la présence de galeries *à ce niveau*, mais cela est loin d'indiquer la gravité de l'invasion pour l'ensemble du sujet. Citons un exemple pris entre mille : un marchand de bois avait acheté, *sur pied*, plusieurs noyers; lorsque ceux-ci furent abattus, il constata qu'ils n'étaient pas utilisables.

Il n'en est pas toujours ainsi et il est des cas où un propriétaire vigilant peut reconnaître les arbres envahis.

Les travaux des Termites peuvent, en effet, être situés très près de la périphérie du tronc ou d'une branche, contre l'écorce même ; en enlevant alors un lambeau de celle-ci, on détruit un certain nombre de galeries sur une plus ou moins grande étendue, et l'on constate la présence des insectes, ceux-ci fuyant en tous sens pour se mettre à l'abri de la lumière dans les parties des galeries encore intactes.

D'autres fois, les Termites, tout en creusant leurs galeries à l'intérieur du bois, établissent des couloirs transversaux qui percent l'écorce et aboutissent au dehors; à partir de l'orifice de ces couloirs, les insectes cheminent à la surface du tronc et des branches dans des galeries extérieures fermées qu'ils construisent au moyen de substances étrangères (excréments, résidus divers, etc.). Par leur aspect, ces galeries sont semblables à celles qu'on observe sur les murs des habitations, lorsque les Termites passent d'un étage à l'autre. Elles ne sont pas immédiatement reconnues par un œil non exercé, car elles se confondent assez bien avec les rugosités de l'écorce; lorsqu'elles sont situées près du sol, elles peuvent être prises pour de la terre accolée à la base du tronc.

Les galeries extérieures sont de la grosseur de la tige d'une plume d'oie, elles ont une couleur brun clair et un aspect granuleux; leur trajet, souvent très sinueux, est, dans son ensemble, sensiblement parallèle à l'axe du tronc ou de la branche. Leur longueur est très variable ; j'en ai vu qui n'avaient que quelques centimètres, tandis que d'autres, commençant près de terre, s'étendaient sur toute la longueur du tronc et même sur une assez grande étendue d'une branche primaire. Les galeries extérieures sont généralement plus communes vers la base de l'arbre que sur les autres régions, et il est assez rare de n'en trouver que sur les parties moyenne ou supérieure du tronc et bien plus encore seulement sur une branche. Sur le tronc d'un même arbre peuvent exister plusieurs de ces galeries qui, d'après ce que j'ai dit précédemment sur leur orientation générale, sont à peu près parallèles; les galeries principales sont reliées entre elles pas des couloirs transversaux donnant à l'ensemble un aspect assez irrégulier. J'ai rencontré des galeries extérieures sur des arbres de tout âge; mais c'est sur les gros troncs qu'elles sont de beaucoup les plus fréquentes.

Que l'invasion soit dissimulée ou qu'elle se révèle par la présence de galeries extérieures, un arbre termité, pendant les premiers temps de l'affection, se comporte absolument comme un sujet sain ; si c'est une espèce à feuilles caduques, il continue à perdre ses feuilles à l'automne et à en acquérir de nouvelles au printemps suivant, il fleurit et porte des fruits. Cet état peut ainsi durer pendant une période plus ou moins longue, parfois même très longue, suivant un certain nombre de facteurs.

Mais, un beau jour, l'arbre prend un air maladif ; ses feuilles, qui s'étaient normalement développées, jaunissent, se flétrissent rameaux par rameaux, puis se dessèchent; les fruits, si ceux-ci sont formés, se flétrissent aussi, la plupart se ratatinent et tombent. L'arbre semble mourir en parfaite santé. Entre autres faits, je puis citer le suivant qui est bien caractérisé : deux magnifiques cerisiers, qu'*on ne soupçonnait pas malades*, moururent dans le courant de la belle saison après avoir porté des feuilles et des fruits (non arrivés cependant à maturité complète); ils furent abattus et l'on constata que le tronc et les racines étaient envahis par les Termites.

La mort n'est pas toujours aussi rapide. L'arbre peut, en effet, ne perdre que progressivement sa vigueur; il arrive à posséder moins de feuilles qu'à l'ordinaire; plusieurs de ses branches meurent les unes après les autres. Il périclite ainsi pendant deux ou trois années avant de présenter les symptômes énumérés ci-dessus.

Dans une région envahie par les Termites, pour peu qu'il soit observateur, ou qu'il ait été déjà victime des méfaits de ces êtres, un propriétaire ne s'y trompe pas ; s'il perd un arbre de la façon que je viens de décrire, il en accuse aussitôt ces insectes, même si leur présence n'a pas été révélée au dehors par des galeries extérieures. A l'appui, je puis citer le cas suivant : Un propriétaire d'une commune de l'arrondissement de Marennes avait noté dans son vignoble la mort de plusieurs pieds de vigne après dépérissement progressif ; en les arrachant, il vit qu'ils étaient envahis par les Termites. Il décida alors d'arracher des sujets encore vivants, mais présentant les mêmes signes que ceux qu'avaient offerts les précédents; sur eux encore il constata la présence des insectes. Enfin, des pieds n'offrant extérieurement aucune trace de maladie, et qu'il dut détruire pour d'autres

raisons, étaient également atteints, mais à un moindre degré que les autres.

Dans les cas que je viens d'analyser, les arbres meurent sur place, « debout ». C'est, d'ailleurs, ce qui se présente le plus souvent, mais il n'en est pas toujours ainsi, car il peut arriver qu'ils tombent, une rupture du tronc se produisant près de terre. Jusqu'à ce moment, les arbres conservent ordinairement leurs feuilles et paraissent croître normalement; souvent même ils semblent devoir vivre encore longtemps : la chute est brusque, inattendue. Je puis citer un frêne mort de cette façon. Dans le cas des rosiers de Konakry, quelques-uns tombèrent d'eux-mêmes, par suite de la rupture de la tige près de terre; ils étaient encore garnis de feuilles et nul n'aurait pu soupçonner une telle chose.

Chez les plantes herbacées, la présence des Termites ne se traduit guère au dehors ; ce n'est que par l'état maladif du sujet qu'on peut soupçonner l'invasion. L'intérieur des tiges et des racines est rongé, « comme vidé » ; si l'on saisit la partie malade, on s'aperçoit qu'elle est complètement creuse par la raison qu'elle s'aplatit à la moindre pression, comme le fait un mince tube de caoutchouc. Il suffit alors de fendre la tige ou la racine pour trouver les insectes à l'intérieur, souvent si pressés les uns contre les autres qu'ils ne cheminent qu'avec peine. Le processus morbide est à peu près le même que pour les arbres, il est seulement plus rapide ; la plante s'étiole, jaunit, se flétrit, se dessèche et meurt, cela malgré les soins que lui prodigue le jardinier : arrosage, fumage, etc.

***

L'envahissement des plantes herbacées, quelles qu'elles soient, commence toujours par les parties souterraines ; c'est ce qui ressort des expériences que j'ai instituées, des nombreuses observations que j'ai faites et des témoignages dignes de foi que j'ai recueillis.

Mes expériences ont porté sur des géraniums (*Pelargonium*), plantes préférées des Termites et choisies pour cette raison. A diverses reprises, j'arrachai quelques sujets de plantations faites au début du printemps en terrain contaminé; je pus suivre ainsi pas à pas l'envahissement. J'ai constaté que les premières atteintes portent *toujours* sur les parties souterraines ; de là les bêtes gagnent les parties hautes en cheminant à l'intérieur du végétal. Je n'ai *noté* aucune exception.

Dans plusieurs jardins, j'ai visité de très nombreuses plantes en pots ; toutes celles qui étaient légèrement atteintes présentaient *uniquement* des lésions dans les parties basses. Les végétaux à racines charnues (carottes, salsifis, etc.) sont surtout atteints au niveau de leurs organes souterrains.

Un instituteur d'une commune voisine de Rochefort m'a affirmé n'avoir pu, pendant un certain temps, réussir aucune bouture de géranium, celles-ci étant toujours rongées à leur base, c'est-à-dire au niveau de la partie enterrée. Un de mes anciens maîtres, professeur au lycée de Bordeaux, a vu de même périr des boutures de *Tecoma grandiflora* qu'il avait faites; celles-ci étaient encore mangées au niveau de leur région souterraine. Les rosiers de Konakry étaient attaqués à leur base. Les vignes de la Charente-Inférieure, dont j'ai rapporté l'histoire ci-dessus, étaient atteintes au niveau des racines, même des pieds qui, extérieurement, paraissaient sains.

Je n'ai pas borné mes études aux plantes herbacées et aux arbustes, j'ai également examiné un grand nombre d'arbres. Quelques-uns étaient fortement atteints et il me fut impossible, pour ceux-ci, de pouvoir discerner par où l'infection avait commencé; mais ce que je puis affirmer, c'est que, presque toujours, ils présentaient des galeries descendant jusqu'au niveau du sol. Chez d'autres, qui paraissaient être au début de l'envahissement, c'est *uniquement* près de terre que siégeait le mal. Du reste, nombreux sont ceux qui ont aussi constaté un tel début d'invasion des arbres et qui me l'ont rapporté.

Mais, en ce qui concerne spécialement les arbres, il existe d'autres régions d'invasion. Ainsi, lorsqu'un arbre possède des branches mortes, des Termites peuvent s'installer dans l'une d'elles et de là gagner le reste du sujet. De cela je n'ai pas d'observations personnelles, mais un de mes correspondants, habitant la Côte occidentale d'Afrique, m'écrivit que, au Sénégal, les arbres et arbustes soumis à la taille peuvent être envahis au niveau des sections opérées; il a constaté le fait un certain nombre de fois. Lorsqu'une partie du tronc voisine de terre est morte, elle peut être contaminée au même titre que le serait une pièce de bois mort ; il est même probable, comme cela semble résulter de mes observations, qu'une lésion primitive de cette nature prédispose à l'invasion. De même, l'écorce morte peut être le point de départ d'une colonie ; j'ai souvent vu des écorces mortes entièrement envahies. Quand un arbre possède une blessure au niveau de laquelle est un tissu mortifié, celui-ci peut être attaqué de préférence; aux dires de mon correspondant d'Afrique, cela est assez

fréquent dans la région qu'il habite sur les arbres qu'on incise pour en tirer une gomme ou une résine (gommier copal, arbres à caoutchouc, etc.).

***

Certains facteurs peuvent favoriser l'attaque des plantes vivantes par les Termites ; ce sont, entre autres, l'usage des tuteurs en bois et l'épandage des fumiers.

Il est bien rare qu'un pieu fiché en terre, dans un sol contenant des Termites, ne renferme pas un grand nombre de ces insectes ; l'envahissement a ordinairement lieu très peu de temps après l'implantation et plus le bois est vieux, plus vite il est « termité ». C'est ainsi que les tuteurs des plantes sont presque toujours envahis ; ordinairement même, ils renferment proportionnellement plus d'individus que les végétaux qu'ils soutiennent ; quelquefois aussi eux seuls en logent. D'une façon générale, les habitants des campagnes ne voient là qu'un dommage résultant de la destruction des pieux. Il y a autre chose : incontestablement le pieu attire près du végétal qu'il doit soutenir un certain nombre d'insectes qui augmentent d'autant l'armée de ceux qui y seraient normalement venus. La plante se trouve donc bien plus exposée que si elle avait crû librement ; le tuteur en bois devient ainsi, en pays termité, une cause directe d'invasion. Il serait donc à conseiller, en de semblables régions, de n'employer que des tuteurs en fer ; mais la chose est-elle pratiquement possible ?

Divers fumiers jouent un rôle analogue à celui des tuteurs en bois en servant d'appel aux Termites ; ils vont ainsi à l'encontre des désirs du cultivateur. Ce sont les fumiers provenant des écuries et renfermant encore de la paille incomplètement pourrie ; ce sont aussi les fumiers de chiffons et de papier non suffisamment réduits en humus ; ce sont également les fumiers de feuilles et de débris de jardin lorsque les débris ne sont pas entièrement consumés.

En terrains contaminés, dans tous ces fumiers non suffisamment réduits, les Termites affluent en plus ou moins grande quantité pour ronger les débris de paille, de chiffons, de papier, de feuilles ou de brindilles de bois qui persistent encore ; de là ils se rendent sur les plantes vivantes autour desquelles les fumiers sont répandus. J'ai examiné, en plusieurs endroits, l'état de ces fumiers distribués sur les champs et les jardins ; si j'en ai trouvé d'absolument indemnes, j'en ai par contre rencontré beaucoup qui étaient envahis et j'ai pu constater que les plantes cultivées dans ces parages étaient généralement termitées.

D'après mes observations, l'invasion des fumiers peut se faire de deux façons différentes : ou bien elle est primitive, ou bien elle est secondaire.

Elle est primitive lorsque les fumiers sont préparés et conservés dans des fosses creusées en terrain termité jusqu'au moment d'être employés. Pendant que s'accomplit la désagrégation des substances organiques, les amas sont envahis par les Termites qui y élisent domicile tout en rongeant les débris qu'ils renferment. Lorsqu'un tel fumier est ensuite utilisé, il contamine le sol sur lequel on le répand, si celui-ci est sain ; si, au contraire, le terrain est déjà termité, on ajoute quelques ennemis dans la place et toujours à proximité des plantes qu'on cultive, car c'est généralement au pied de celles-ci qu'on dépose la fumure ; de plus, dans ces sols déjà envahis, les fumiers non suffisamment décomposés servent en quelque sorte d'appel aux Termites de la même façon que les pieux.

L'invasion est secondaire lorsque le fumier a été fabriqué en terrain sain et que, par suite, il n'a pas été envahi par les Termites tout le temps qu'a duré la décomposition des matières qui le constituent. Il est évident qu'un tel fumier peut être employé sans crainte dans tout sol ne renfermant pas de ces néfastes rongeurs ; dans les terrains termités, si les matières qui le forment ne sont pas suffisamment réduites, il sera envahi au bout d'un certain temps, secondairement par conséquent, et, de lui, les insectes passeront sur les plantes qu'on élève.

On ne saurait donc trop attirer l'attention des cultivateurs sur l'emploi, en terrain termité, de fumiers d'origine végétale. Il faut conseiller de *n'employer que des fumiers entièrement réduits*, autrement dit complètement pourris ; il faut aussi bien recommander de ne *creuser les fosses à fumiers que dans des terrains sains* pour éviter toute contamination primitive de ceux-ci.

Dans un second article, nous examinerons les moyens employés pour lutter contre les Termites.

J. Chaine,
Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Bordeaux.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Reynaud (Dr. P.). — **Etude sur le Système solaire. Nouvelle loi des distances des planètes et des satellites.** — 1 *vol. in*-8° *de* XIV-82 *p. avec* 1 *pl. Préface de* M. J. MASCART. *Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, Paris*, 1919.

L'auteur essaie de remplacer la loi de Bode par une autre également empirique, qui cadre mieux, au moins pour Neptune. En prenant la distance d'une planète fictive, qui tournerait autour du Soleil avec la vitesse de rotation de celui-ci, et en multipliant cette distance 0,17 par la série 2, 4, 6, 8, on obtient, *à peu près*, les distances des planètes du groupe de la Terre. En multipliant ensuite ces nombres par 30, on obtient les distances des grosses planètes et d'une planète au delà de Neptune. Le même artifice et les mêmes nombres donnent, avec le même à peu près, les distances des satellites de Jupiter (sauf cependant pour le 6e). Le dernier système apparaît calqué sur le système solaire. La loi empirique ne s'applique plus aux autres systèmes planétaires.

Cette forme de la loi partage les planètes en deux groupes. L'auteur en fait un seul groupe par une loi exponentielle de raison 1,41. Il voit un fondement physique à sa loi dans ce fait que 1,41 est la densité du Soleil. Par malheur, si on ne prend pas la densité de l'eau comme unité, tout croule. Mais on a aussi $1,41 = \sqrt{2}$ et les puissances successives de ce nombre n'ont plus rien de mystérieux.

La loi de Bode est une loi exponentielle de raison 2. On a eu ensuite celle de Gaussin, raison 1,7226, Belot 1,883, puis la plus simple, celle d'Armellini, $D = 1,53^n$, avec $n = 0$ pour la Terre, -1 et -2 pour Vénus et Mercure (*Scientia*, 1918). Il y aurait avantage à comparer la précision des résultats donnés par ces différentes formules.

L'auteur termine naturellement son opuscule par des aperçus cosmogoniques. Il est peut-être imprudent, ou du moins peu scientifique, de vouloir prolonger jusqu'aux origines un résultat purement empirique. Un article intéressant de Dufton (*The Observatory*, nov. 1919) montre que la loi exponentielle des distances fournit pour la variation d'énergie, sur des orbites consécutives, la même formule que celle donnée par Bohr pour les électrons de son modèle d'atome. La répartition des astres, suivant une loi analogue, pourrait peut-être donner un système d'équilibre plus stable qu'avec une autre et expliquer alors simplement pourquoi la distance des astres d'un même système se rapproche d'une telle formule.

ALEX. VÉRONNET,
Astronome à l'Observatoire de Strasbourg.

Du Pasquier (L. Gustave), *Docteur ès sciences, Professeur de Mathématiques supérieures à l'Université de Neuchâtel.* — **Introduction à la science actuarielle.** — 1 *vol. in*-8° *de* 174 *p.* (*Prix* : 9 *fr.*). *Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, Paris*, 1919.

L'auteur a désiré mettre à la portée de personnes ne connaissant que l'algèbre élémentaire, le moyen de calculer les primes des combinaisons diverses d'assurances; ce livre vient donc à la suite de nombreux traités français (contrairement à ce que dit l'auteur), et nous pourrions citer les beaux ouvrages de Poterin du Motel, Poussin, Richard et Petit qui ont réellement vulgarisé les calculs actuariels ; mais il faut reconnaître que l'ordre de l'exposé des matières, sensiblement différent de celui des ouvrages rappelés, paraît plus commode pour les étudiants.

Les définitions des natures de primes sont très précises, mais on pourrait facilement critiquer l'auteur, qui rapporte toute la notation actuelle aux termes anglais, alors que cette notation a fait l'objet de discussions très serrées dans les deux premiers Congrès internationaux d'actuaires, discussions dans lesquelles les Français et les Belges ont pris une part très importante; en fait, on a surtout observé dans la notation le principe suivant : Chaque fois qu'une quantité était exprimée en français et en anglais par des mots commençant par la même lettre, cette lettre a été employée pour la notation; quoi qu'il en soit, cette partie du livre est très soigneusement faite et parfaitement claire pour l'étudiant qui suivra le texte avec la plume à la main et qui fera les exemples d'application que nous aurions aimé voir résolus à la fin du livre.

Le second chapitre du livre traite des bases financières de la science actuarielle; nous avons été étonné de voir l'auteur employer pour l'intérêt simple une notation différente de celle qu'il avait précédemment indiquée; l'auteur indique un calcul du *taux moyen effectif* de rendement des capitaux par une méthode trop simple qui n'est heureusement pas employée dans les Compagnies; il prend la moyenne des capitaux au commencement et en fin d'année, alors que nous établissons toujours des comptes courants avec les dates réelles de valeur, ce qui donne des résultats sensiblement différents.

En ce qui concerne la capitalisation, M. du Pasquier compare le capital à un être grandissant d'une manière continue avec le temps, *telle une plante bien soignée;* la comparaison est peut-être un peu osée, car nous ne connaissons pas de plantes croissant indéfiniment; mais n'insistons pas; il passe sur la question de la capitalisation par périodes dans l'année, question qui embarrasse toujours nos élèves et qu'il conviendrait de souligner par des exemples concrets, surtout pour les valeurs actuelles des capitaux.

Le chapitre III est intitulé : Bases statistiques de la science actuarielle; l'auteur développe d'une manière intéressante l'influence des facteurs de mortalité et distingue la mortalité générale de celle de groupes spéciaux; il exprime très clairement les sélections automatiques que font les assurés en prenant telle ou telle assurance (cas de vie ou cas de décès) et il les illustre par des exemples très bien choisis.

Le quatrième chapitre porte un titre un peu pompeux : « La méthode eulérienne », mais il faut convenir qu'il constitue le développement d'une idée très heureuse et très féconde qui rappelle — toutes proportions gardées — celle de Laplace dans son calcul de probabilité lorsqu'il emploie constamment ses fonctions génératrices.

L'auteur reprend la méthode qui avait été donnée par Poussin dans son beau traité d'assurances sur la vie et, sans employer le mot de probabilité, rien qu'en s'appuyant sur la considération de sociétés élémentaires, il établit toutes les formules de commutation; cette méthode est d'ailleurs celle que tous les actuaires sont conduits à utiliser quand ils se trouvent en présence de règlements très complexes, tels que ceux que l'on imagine actuellement dans la plupart des industries selon le modèle qui a été donné par les Compagnies de chemins de fer.

De nombreux exemples illustrent cette partie du livre et des problèmes d'application très heureusement choisis, mais que nous regrettons de ne pas voir résolus en fin de livre, viennent compléter un exposé parfaitement clair et très facile à lire.

On peut noter des généralisations très heureuses concernant l'assurance temporaire et différée au décès. La

partie relative aux réserves est également très bien traitée, mais en fait, nous le répétons, le livre précité de Poussin donnait exactement les mêmes méthodes de calculs élémentaires.

L'ouvrage se termine par quelques tables qui ont permis à l'auteur de faire les applications numériques utiles et donneront à l'élève la pratique du maniement des tables plus complètes.

L'édition faite par la Maison Gauthier-Villars est naturellement très soignée et contribue beaucoup à rendre plus facile la lecture d'un ouvrage qui sera très utile aux étudiants; il est d'un prix moins élevé que les traités que nous avons cités, mais il est aussi moins complet et il servira réellement d'introduction à la science actuarielle; l'auteur a donc atteint son but et il convient de l'en féliciter.

A. Barriol,
Directeur de l'Institut des Finances et des Assurances.

2° Sciences physiques

Bouthillon (L.), *Répétiteur à l'Ecole Polytechnique, Directeur du Service central de la T. S. F.* — **La Théorie et la Pratique des Radiocommunications. I. Introduction à l'étude des radiocommunications.** — *1 vol. gr. in-8° de 195 p. avec 95 fig. et 7 pl. (Prix : 20 fr.). Librairie Ch. Delagrave, Paris, 1919.*

La télégraphie sans fil, plus heureuse que d'autres sciences, n'a pas cessé, depuis son origine, d'intéresser les savants, les industriels et le grand public. Et cet intérêt, puissamment alimenté par les découvertes faites au cours de la guerre, ne cesse de s'accroître. La révolution accomplie par l'emploi des lampes à 3 électrodes dans l'émission et dans la réception, le développement des grands postes d'émission à ondes entretenues et de la radiotéléphonie, continueront pendant longtemps encore à stimuler la curiosité des profanes et l'activité des chercheurs.

Aussi ne saurions-nous être étonnés de la floraison d'ouvrages de toutes sortes qui traitent de cette science, et qui nous fournissent une abondante documentation.

Aux ouvrages classiques et déjà anciens d'avant guerre, bien connus de tous les sans-filistes, sont venus s'ajouter de nombreux petits ouvrages de vulgarisation rédigés par les Services techniques des armées de tous les pays en guerre, pour servir à l'instruction de leur personnel. D'autre part, depuis la fin des hostilités, et même avant, plusieurs ouvrages d'ensemble ont fait leur apparition en France et à l'étranger, sous forme de rééditions convenablement remaniées d'ouvrages plus anciens (Tissot, Petit et Bouthillon, Eccles, Fleming, etc.).

Le grand traité de M. Bouthillon dont nous présentons le premier volume, et qui doit en compter huit, est destiné à mettre au point pour le public français l'exposé moderne de toutes les questions intéressant la radiotélégraphie et la radiotéléphonie. L'auteur y annonce dans sa préface l'intention de ne négliger aucun point de vue, ni théorique, ni expérimental. Ce traité semble donc destiné à combler une lacune importante de notre littérature scientifique.

Le volume actuel, presque exclusivement théorique, est consacré à l'exposé des principes mathématiques de l'émission et de la réception sur antennes et sur cadres. Il comprend quatre chapitres. Dans le premier sont rappelées les équations générales du champ électromagnétique, avec étude approfondie du cas, particulièrement intéressant en télégraphie sans fil, d'un champ cylindrique.

Le chapitre II, le plus important, comprend l'exposé des travaux de Hertz et de ses continuateurs sur le champ à grande distance d'un excitateur linéaire placé dans un diélectrique parfait et indéfini. Les formules et les résultats de Hertz ont un intérêt capital et servent encore aujourd'hui de base à toutes les considérations théoriques développées en T. S. F. L'extension partielle des résultats de Hertz à l'espace avoisinant l'excitateur, extension réalisée par Max Abraham, a évidemment un intérêt pratique moins immédiat, et est passée sous silence par M. Bouthillon. Par contre, les perfectionnements à la théorie de Hertz, obtenus en tenant compte de l'amortissement et de diverses autres circonstances accessoires, sont exposées en détail. On peut reprocher à ces travaux (K. Pearson et Miss Alice Lee, H. Love) leur caractère un peu artificiel; car les conditions à la limite qui sont admises pour pousser les calculs jusqu'au bout ne correspondent pas toujours exactement à la réalité, et l'utilité réelle de ces calculs reste assez problématique.

Dans le chapitre III se trouve traité, au moyen des résultats du chapitre II, le problème théorique de la radiocommunication dans l'hypothèse d'un sol plan parfaitement conducteur et d'une atmosphère parfaitement isolante. Les calculs relatifs aux énergies émises et absorbées conduisent à des expressions théoriques des rendements, qui pourront servir de base aux comparaisons pratiques. Celles-ci donnent souvent, comme l'auteur lui-même le remarque dans son chapitre IV (conclusions), des résultats bien différents de la théorie. On pourra par exemple s'en rendre compte par l'inspection des quelques résultats de la théorie résumés à la page 162.

Un court chapitre de conclusions, qui termine l'ouvrage, sert en même temps de préface et de plan aux volumes ultérieurs.

On ne saurait nier que, si l'auteur parvient à réaliser l'ensemble de son vaste programme, il aura rendu à la radiotélégraphie française un réel service. La forme, assurément très mathématique, de ce volume d'introduction, si elle risque de décourager certains lecteurs, montrera au moins à ceux qui voudront s'en donner la peine, que les questions seront traitées de la manière la plus approfondie : une base théorique solide nous paraît, comme à l'auteur, indispensable pour l'intelligence complète de ces difficiles questions.

Nous nous permettrons, pour terminer, d'adresser à l'ouvrage un reproche, qui touche plutôt les éditeurs que l'auteur : les fautes d'impression sont par trop nombreuses dans le texte, et, surtout, dans les formules. Si quelques-unes sont faciles à corriger pour tout lecteur un peu attentif, d'autres peuvent provoquer de réelles difficultés. Nous espérons que les volumes suivants seront plus soignés à cet égard.

Eugène Bloch.

Toricés (E.), *Professeur à l'Ecole Industrielle de Valladolid*, et **Curchod** (A.), *ingénieur diplomé de l'Ecole supérieure d'Électricité, professeur à l'Ecole des Travaux publics.* — **Schémas et règles pratiques du bobinage des machines électriques.** — *1 vol. in-8° de 128 pages, comprenant 38 planches de schémas (Prix : 6 fr. 75). Dunod et Pinat, éditeurs, Paris, 1919.*

Livre élémentaire ; les 49 pages de texte qui précèdent les planches d'enroulements sont plutôt un rappel en raccourci des notions théoriques nécessaires pour comprendre les enroulements des machines à courant continu et alternatif.

Les définitions rappelées laissent parfois à désirer au point de vue de la précision en ce qui concerne les valeurs efficaces du courant alternatif.

Les planches d'enroulement sont des figures claires, simplifiées en vue de l'enseignement élémentaire; j'aurais désiré y voir en outre quelques photographies d'enroulements réels. R. S.

Szarvady (G.), *Chargé du cours d'Électricité industrielle à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.* — **Unités électriques.** — *1 vol. in-8° de 94 pages (Prix : 9 fr. 75). Dunod et Pinat, éditeurs, Paris, 1919.*

Exposé clair, mais trop empirique de cette question fort connue; on y aurait souhaité des vues plus complètes, une méthode plus logique. La question des unités électrostatiques et unités électromagnétiques laisse à désirer; si, par hasard, ce petit livre était réédité, je

conseillerais volontiers à l'auteur de s'inspirer du lumineux exposé fait par Duhem dans son *Electricité et Magnétisme*, tome III (chez Gauthier Villars, Paris, 1894).

R. Swyngedauw,
Directeur de l'Institut Electrotechnique de Lille.

Bouchonnet (A.), *Docteur de l'Université de Paris, Régisseur de l'Institut de Chimie appliquée, Ingénieur des Poudres.* — **Bismuth, Etain, Plomb.** — 1 *vol. in*-18 *de* 380 *p. de* l'Encyclopédie scientifique (*Prix cart.* : 7 *fr.* 50). *G. Doin, éditeur, Paris*, 1920.

Le nouveau livre que publie l'*Encyclopédie scientifique* constitue une mise au point tout à fait utile de ce que l'on connaît aujourd'hui sur trois éléments à point de fusion peu élevé, dont l'utilisation dans la préparation d'un grand nombre d'alliages a été pratiquée depuis très longtemps.

L'étude de chacun des corps fait l'objet de six chapitres. Le premier comprend un historique intéressant, les minerais, les différents modes d'extraction utilisés pour chaque métal et les propriétés générales de ce dernier. Les dérivés halogénés constituent une étude importante qui fait l'objet du second chapitre. Le troisième est relatif aux descriptions et préparations des combinaisons oxygénées et oxhydrilées. L'étude des composés que ces métaux fournissent avec les métalloïdes de la seconde famille : soufre, sélénium, tellure, est faite dans un quatrième chapitre, et le cinquième comprend l'étude des sels oxygénés. La description des caractères analytiques de chaque élément termine l'étude de ce dernier.

Ce livre est un travail très complet qui sera consulté par tous ceux qui désireront obtenir un renseignement précis sur chacun des trois métaux-métalloïdes, bismuth, étain et plomb. Il est accompagné d'un index bibliographique très développé, permettant de retrouver immédiatement le mémoire original.

A. Mailhe,
Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

Reimen (P.). — **Guide pratique du chimiste de charbonnages et fours à coke.** — 1 *vol. in*-16 *de* 115 *p.* (*Prix relié* : 9 *fr.*). *Ch. Béranger, éditeur, Paris et Liége*, 1919.

Ce petit ouvrage de compilation est loin de répondre au but indiqué par son titre. Le résumé qu'il donne des principales méthodes d'analyse est très souvent incomplet, les détails d'application pratique faisant fréquemment défaut. Pour certaines déterminations, telle celle du point de fusion du brai d'après Kramer-Sarnow, il n'y a aucune figure, alors qu'elle aurait été bien utile pour aider à comprendre le texte. Les dosages du goudron, de l'ammoniaque et du gaz, méthodes peu intéressantes et dont les résultats donnent des indications ne correspondant que de très loin à la pratique, ont reçu par contre un développement exagéré pour l'importance de l'ouvrage. Pour l'essai de distillation des benzols, seule la méthode officielle allemande est décrite; celle du « Comptoir des benzols », adoptée en France à l'exclusion de toute autre, n'est pas indiquée.

Le style de l'ouvrage est plutôt défectueux; qu'est-ce que : « prendre du gros et du fin (charbon) en proportion qu'il se présente d'après jugement », tournure de phrase choisie entre plusieurs autres.

En résumé, cet ouvrage ne peut procurer que des indications très rudimentaires aux chimistes de charbonnages et de fours à coke.

M. Desmarets.

3° Sciences naturelles

Woods (Henry), *University Lecturer in Palaeozoology, Cambridge.* — **Palaeontology. Invertebrate.** *Fifth Edition.* — 1 *vol. in*-18 *de* 412 *p. avec* 173 *fig. de la* Cambridge Biological Series (*Prix cart.* : 12 *s.* 6 *d.*). *Cambridge, At the University Press*, 1919.

La « Cambridge Biological Series » vient de s'enrichir d'une 5e édition du manuel « Palaeontology. Invertebrate » de M. Henry Woods, lecteur à l'Université. Le rapide succès de cet ouvrage, qui a vu en quinze ans sortir cinq tirages, le premier en 1893, le deuxième en 1896, le troisième en 1902, le quatrième en 1909, le cinquième en 1919, témoigne de l'accueil favorable qu'il a reçu du public anglais. Cependant ce livre de 412 pages devrait, semble-t-il, subir un certain préjudice en librairie du fait que la moitié seulement du règne animal y est envisagée. La Paléontologie des Vertébrés a bien fait aussi l'objet d'un text-book de M. Arthur Smith Woodward, édité par la « Cambridge University Press » : mais cet ouvrage n'a eu qu'une seule édition remontant à 1898 et n'a pu par suite être mis au courant des très grands progrès récemment réalisés dans cette science. Quoi qu'il en soit, l'activité d'outre-Manche, tout comme l'activité d'outre-Rhin (troisième édition du Grundzüge der Paläontologie de Zittel de 1919), devrait servir d'exemple aux éditeurs français.

Dans son livre, M. Woods donne, pour chaque groupe, les caractères généraux, puis il décrit un petit nombre de genres importants, de préférence ceux que l'on rencontre communément aux Iles Britanniques; il cite toujours une espèce type et indique en peu de mots la répartition stratigraphique du genre.

Les 173 figures sont très claires et toutes dessinées au trait; l'illustration ne comporte pas de similigravures, qui donneraient cependant une idée plus exacte des fossiles.

L'ouvrage a été soigneusement tenu au courant des récentes découvertes faites sur l'organisation des Graptolithes, des Trilobites, etc.

La classification adoptée est d'un usage assez général; peut-être son exposé aurait-t-il gagné à être plus développé pour certains groupes, comme les Echinides, les Ammonites ou les Trilobites.

Quelques-unes des figures qui illustrent les descriptions générales devraient être celles d'animaux d'un type plus moyen : *Mya* est une forme nettement spécialisée de Lamellibranche; si le *Triton corrugatum* donne bien l'idée d'un Gastropode actuel, sa section, représentée avec un cloisonnement de toute la partie supérieure de la spire, éveille l'idée évidemment exagérée qu'il s'agit là d'un phénomène général, comme chez les Céphalopodes.

Il est regrettable que l'auteur adopte les idées de l'École allemande et persiste à classer les Ammonites parmi les Tétrabranchiaux. Les genres *Hamites* et *Turrilites* sont encore placés à côté des *Lytoceras*, au lieu d'être rapprochés des *Acanthoceras*.

La bibliographie, de 300 numéros environ, qui termine le texte, témoigne d'un choix judicieux de références, où les publications françaises occupent une place que l'on n'est pas habitué à leur voir toujours attribuer dans les ouvrages didactiques de langue anglaise, notamment dans ceux récemment parus en Amérique.

Abstraction faite de ces critiques de détail, le livre de M. Woods est susceptible de rendre d'incontestables services à ceux qui débutent dans l'étude de la Paléontologie.

L. Joleaud,
Maître de Conférences de Paléontologie à la Faculté des Sciences de Paris.

Picard (F.), *Professeur de Zoologie à l'Ecole nationale d'Agriculture de Montpellier.* — **Contribution à l'étude du peuplement d'un végétal: la Faune entomologique du Figuier.** — 1 *vol. in*-8° *de* 143 *p. avec* 36 *fig.* (*Edit. des* Annales du Service des Epiphyties). *Lhomme, éditeur, Paris*, 1919.

Quelle est la composition de la faune qui vit sur un végétal donné? quelles sont les causes de cette compo-

sition? quelles sont les conclusions théoriques et pratiques que l'on en peut tirer ? Telles sont les questions auxquelles répond le mémoire de M. F. Picard pour le Figuier.

Dans une première Partie spéciale, l'auteur étudie systématiquement les Insectes qui attaquent le bois et ceux qui attaquent le feuillage, leurs ennemis et leurs parasites. Il faut citer comme modèles d'études biologiques celles de l'Hypobore et des Hespérophanes, par exemple. L'Hypobore est un insecte fort nuisible et dont la fécondité est si grande qu'il arrive à maintenir ses colonies florissantes malgré la multiplicité de ses ennemis et la formidable dîme qu'ils prélèvent sur ses larves. Cependant l'Hypobore n'attaque jamais un Figuier parfaitement sain, mais dès qu'une partie quelconque de l'arbre dépérit légèrement pour quelque cause que ce soit et que la circulation s'y ralentit, ses essaims s'y installent aussitôt. Un rameau malade est donc toujours immédiatement la proie de l'Hypobore, qui utilise toute la place disponible et le fait périr irrémédiablement. Il suffira donc de détruire les rameaux propices à la ponte de l'Hypobore et d'éviter qu'il s'en produise de tels. Quant aux Hespérophanes, surtout l'Hesp. gris, chez lequel l'auteur décrit un accouplement extrêmement curieux, ce sont les pires ennemis du Figuier, car leurs larves attaquent les arbres vivants, tout en pouvant vivre et prospérer dans le bois sec et mort depuis longtemps. M. F. Picard propose d'ailleurs des moyens rationnels pour les détruire, dont l'efficacité paraît très probable.

L'étude des observations si patiemment amassées et si clairement et exactement rapportées dans la partie spéciale permet à l'auteur de faire suivre celle-ci d'une partie générale et de conclusions dont les principales sont les suivantes : On aurait tort de trop généraliser ce fait que les parasites constituent un obstacle périodique à la multiplication des Insectes phytophages ; il faut d'autres causes (conditions de milieu et action des prédateurs, Oiseaux, etc.) pour entraver un accroissement de ceux-ci en progression géométrique. M. F. Picard croit que, loin que ce soient les « places vides »[1] qui aient le plus de chances d'être occupées, au contraire « ce sont les places dont la population est la plus dense qui exerceront le plus d'attrait sur des individus ou des espèces nouvelles ». Ceci par un ensemble de facteurs surtout chimiques, mais aussi physiques.

Enfin, cet ouvrage est un de ceux qui montrent le mieux combien l'éducation des praticiens est loin d'être faite au point de vue de la Zoologie économique. « Il faut bien comprendre (Introduction, p. 4) cependant qu'aucune lutte efficace contre un insecte nuisible ne peut être basée sur autre chose que sur une étude biologique attentive et que l'on ne saurait considérer les phénomènes de trop haut. »

Dois-je m'excuser de ne donner qu'une faible idée de tout l'intérêt de ce mémoire? Il est impossible d'analyser, à proprement parler, un ouvrage si plein de faits importants. Puissent ces quelques aperçus engager à en entreprendre la lecture, d'ailleurs à la fois attrayante, instructive et très suggestive.

J. Delphy,
Chef de travaux à l'Ecole des Hautes Etudes.

4° Sciences diverses

Georges-Gaulis (Berthe). — **La France au Maroc (L'œuvre du général Lyautey).** — 1 *vol. in-8° de* 313 *p.* (*Prix* : 5 *fr.*). *Librairie Armand Colin, éditeur,* 103, *boulevard Saint-Michel, Paris,* 1919.

L'on ne saurait trop honorer et glorifier le général Lyautey qui, par les opérations militaires qu'il dirigea, par son haut talent d'administrateur et par sa politique indigène logique et judicieuse, a sûr affermir notre protectorat sur le Maroc et en faire une terre française, alors qu'elle était si ardemment convoitée par la race germanique. Cette œuvre d'un grand Français vient d'être retracée par Mme Berthe Georges-Gaulis d'une façon frappante et elle est éclairée par la précision des faits.

Nous voyons comment le général Lyautey, à la fois chef politique et militaire, sut, en ramenant le calme dans le pays, poursuivre, grâce à son expérience coloniale, une pénétration lente et sûre. « Pacifier et organiser tout à la fois, mener d'un seul trait cette double direction, la faire une et la poursuivre d'après une même méthode », telle fut, comme le montre fort justement l'auteur, l'idée maîtresse qui dirigea le général Lyautey dans son œuvre et l'amena au succès. L'ouvrage le met en évidence en suivant ce « grand novateur », comme il le qualifie, dans toute sa brillante carrière marocaine, depuis son arrivée en 1912 jusqu'à nos jours ; il met en relief le rôle si efficace rempli par lui durant la guerre, rôle auquel on a dû le salut de notre Protectorat.

Cet excellent exposé historique nous donne en même temps d'intéressants aperçus sur les principales régions du Maroc et sur ses grandes cités, sur les caractères et les mœurs des populations, et il nous aide à comprendre que si notre établissement au Maroc est solidement établi, c'est qu'il aura été obtenu, comme l'a dit le général Lyautey, « en nous appuyant sur les populations, leurs coutumes, leurs traditions, et en acquérant ainsi leur adhésion morale ». G. Regelsperger.

Payen (E.). — **Les Monopoles.** — 1 *vol. in-18 de* 428 *p. de l'*Encyclopédie scientifique (Bibliothèque d'Economie politique) (*Prix cart.* : 7 fr. 50). *G. Doin, Paris,* 1920.

Les grands besoins financiers de l'heure présente attirent naturellement l'attention sur le mode de production par l'Etat qui porte le nom de monopole. Les économistes ne lui sont pas favorables pour d'excellentes raisons que l'un d'eux, M. Ed. Payen, expose d'une façon très serrée et très objective dans le présent ouvrage.

L'auteur en fait d'abord une étude théorique en le définissant, en instituant un parallèle entre le monopole et la concurrence, en montrant son action sur les prix, qui se heurte au pouvoir d'achat du consommateur, — comme l'a montré la hausse trop forte des tabacs de luxe, — enfin, en signalant les difficultés qui résultent de l'intervention syndicale et de la mise en pratique du droit de grève dans les services publics monopolisés.

La seconde partie de l'ouvrage est consacrée à l'étude des principaux monopoles français : la fabrication des monnaies et l'émission des billets de banque, les postes, télégraphes et téléphones, les poudres, le tabac, les allumettes, le réseau ferré de l'Etat, la négociation des valeurs mobilières. M. Ed. Payen passe ensuite rapidement en revue les projets français dont il est actuellement question et qui portent sur les assurances, l'alcool et le pétrole, et il donne quelques détails sur les principaux monopoles étrangers, notamment ceux de l'alcool en Russie et en Suisse.

Les conclusions de cette étude sont exposées dans les deux chapitres consacrés aux raisons de l'incapacité de l'Etat à exploiter les monopoles, et à l'expression de l'opinion public à leur égard. C'est par nature et par définition que l'Etat est inapte à produire : par l'intervention de la politique dans la nomination du personnel, par l'instabilité de ce personnel, par l'absence de sanction en cas de déficit, par le manque de contrôle et de responsabilité, par l'absence du stimulant de la concurrence. Quant au public, on connaît ses plaintes habituelles sur l'insuffisance d'approvisionnement, sur la qualité du produit qui laisse souvent à désirer et sur le peu de complaisance que l'Etat apporte à la satisfaction des besoins de sa clientèle.

Pierre Clerget,
Directeur de l'Ecole supérieure de Commerce de Lyon.

1. L. Cuénot : La genèse des espèces animales. Paris, Alcan, 1911.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS
Séance du 29 Mars 1920

1° Sciences mathématiques. — M. **A. Rateau** : *Quelques considérations sur les vols aux très grandes altitudes et sur l'emploi du turbo-compresseur.* L'auteur estime que la solution, préconisée par M. Villey, du moteur allégé (p. 91) ne peut entrer en comparaison avec la combinaison moteur ordinaire et turbo-compresseur, appelée *moteur suralimenté*, qu'il a mise au point et qui seule permettra d'atteindre les très hautes altitudes, de l'ordre de 12.000 m., actuellement visée. Avec l'aide des turbo-compresseurs, la consommation par cheval-heure reste sensiblement la même qu'au sol et le poids total n'est pas augmenté de plus de 20 °/₀. Beaucoup de turbo-compresseurs sont maintenant installés sur des avions Bréguet de corps d'armée, qui, sans eux, ont une hauteur de plafond de 6.000 m.; l'adjonction du turbo hausse le plafond de 3.500 m. au moins. — S. A. S. le Prince **Albert de Monaco** : *Les mines errantes sur l'Atlantique nord.* Les 34 observations de mines errantes recueillies pendant les deux derniers trimestres de 1919 par le Bureau hydrographique de Washington confirment pleinement les indications données antérieurement par l'auteur (t. XXX, p. 59, 603) sur la marche probable de ces engins. Leur aire de dispersion s'accroît avec la durée de leur flottage et elles constituent un danger croissant pour la navigation.

2° Sciences physiques. — M. **F. Baldet** : *Sur la variation diurne du potentiel atmosphérique à l'Observatoire d'Alger.* La variation diurne est représentée par une oscillation sensiblement simple, ayant un minimum constant vers 4 h. du matin et un maximum variable suivant la saison. Contrairement à ce qui a lieu près du sol dans les stations continentales, où l'on constate une double oscillation, le maximum de jour n'est marqué que par une légère inflexion de la courbe. L'onde diurne a la même phase pendant toute l'année, mais son amplitude d'hiver est double de celle d'été. Au contraire, l'amplitude de l'onde semi-diurne reste constante, tandis que sa phase varie de 1 h. 6 m. La diminution de la valeur du maximum en été est très marquée. — M. **G. Sagnac** : *Les longueurs d'accès de la radiation lumineuse newtonienne et les zones de silence des signaux amortis de la t. s. f.* Des expériences soignées de la Marine britannique ont mis en évidence, dans la propagation des signaux de t. s. f. par ondes amorties, soit vers l'E, soit vers l'O, l'existence d'une zone de silence, située à la même distance dans les deux sens, et au delà de laquelle les signaux reparaissent; dans la majorité des cas, l'affaiblissement des signaux se produit à moitié de la distance de portée en pleine mer. L'auteur déduit de ces phénomènes un moyen de déterminer la vitesse de translation de la Terre, dans le cas probable où cette vitesse serait comparable, dans l'éther, à la vitesse radiale que les étoiles peuvent atteindre par rapport à la Terre d'après les observations spectrales de l'effet Fizeau. — M. **Pauthenier** : *Le rapport des retards absolus dans le phénomène de Kerr.* L'auteur a mesuré le rapport des retards absolus dans le nitrobenzène pour différentes durées de charge du condensateur de Kerr. Pour les faibles valeurs de θ (intervalle de temps qui sépare le début de la charge du condensateur de Kerr du début de l'étincelle éclairante), $\rho = -2$, résultat en complet accord avec la théorie de l'orientation. Pour les valeurs plus grandes de θ, ρ est légèrement supérieur à 2 en valeur absolue. — M. **F. Gros** : *Perfectionnements apportés à la production industrielle des oxydes d'azote dans les fours à arc.* L'auteur, au lieu d'air toujours un peu humide, emploie aux réactions des gaz secs et à haute teneur en oxygène. En outre, la récupération des vapeurs nitreuses ne se fait plus par voie chimique, mais par voie physique : les gaz cèdent leur peroxyde d'azote par refroidissement à basse température. Grâce à ce mode de récupération, on peut transformer directement NO^2 obtenu en acide nitrique de toutes concentrations et on libère toute l'énergie récupérable qu'emportent les gaz chauds. L'auteur a ainsi élevé les rendements contrôlés à 90 gr. d'acide nitrique au kwh. au lieu de 55 à 65 gr. dans les installations existantes. — M. **M. Lemarchands** : *Sur l'étude des réactions de la métallurgie du zinc.* L'auteur a reconnu que l'oxyde de zinc est bien réduit directement par le carbone, sans l'intermédiaire de l'oxyde de carbone, puisque la réaction se déclanche dans l'azote pur. La quantité de carbone entrée en jeu est intermédiaire entre celles nécessaires à l'accomplissement des deux réactions possibles : $ZnO + C = Zn + CO$; $2\,ZnO + C = 2\,Zn + CO^2$. Cela tient à ce que la réduction de ZnO par CO se fait avec une vitesse supérieure à celle de la réduction de CO^2 par C, la première réaction débutant vers 350°, la seconde vers 400°. On utilise en général un très grand excès de charbon dans la métallurgie du zinc. — M. **A. Mailhe** : *Nouvelle méthode de formation des nitriles par catalyse.* Les vapeurs de benzoate de méthyle mélangé avec de l'éthylamine pure, conduites sur de l'alumine chauffée à 480°-500°, fournissent avec un dégagement gazeux de C^2H^4 et H un liquide qui n'est autre que le nitrile benzoïque. Dans les mêmes conditions, le *p*-toluate d'éthyle, le valérate d'isoamyle, l'isobutyrate de méthyle ont donné les nitriles *p*-toluique, isoamylique et isobutyrique.

3° Sciences naturelles. — M. **L. Joleaud** : *Sur la présence d'un Gavialidé du genre* Tomistoma *dans le Pliocène d'eau douce de l'Éthiopie.* L'auteur a étudié un Gavialidé recueilli par Brumpt en Ethiopie et qui rappelle le *Tomistoma Schlegeli* des rivières de Bornéo, Sumatra et de la presqu'île de Malacca. Il le décrit sous le nom de *T. Brumpti*. Ce genre de Gavialidé d'origine marine s'est adapté à la vie fluviatile au Pontien, c'est-à-dire à l'époque géologique qui a été le théâtre du maximum de régression marine depuis le Trias jusqu'aux temps actuels. — M. **P. Vuillemin** : *Fructifications de champignons découvertes dans l'ongle par Louis Jannin.* L'auteur rapporte une observation faite par un de ses élèves, décédé. Il s'agit d'une lésion de l'ongle chez un cultivateur, renfermant des masses noires constituées par un feutrage mycélien serré et contenant un grand nombre de corps ovoïdes. Ce champignon se cultive sur carotte, mais n'a pas donné de spore. Les corps ovoïdes paraissent être des asques, peut-être enkystés et ayant assumé les fonctions habituelles des conidies. — M. **A. Krempf** : *Sur la métamérisation oro-aborale de la larve de deux Hexacoralliaires* (Pocillopora cespitosa *Dana*, Seriatopora subulata *Lamark*). L'auteur a constaté que l'ontogenèse de ces deux Anthozoaires débute par l'édification de tout un système insoupçonné de formations perpendiculaires à l'axe oro-aboral, autrement dit de formations horizontales. Ce dispositif fait son apparition peu après l'achèvement de la planula, qu'il divise en trois segments superposés. Cette disposition fondamentale, éphémère, est bientôt troublée par une atrophie systématique qui atteint toutes les structures réparties sur la génératrice ventrale de l'embryon, pendant que les structures de la génératrice dorsale poursuivent leur évolution normale. Il en découle pour chacune d'elles une disposition caractérisée par la symétrie bilatérale. A ce facteur s'en ajoute un second : le clivage dans un plan dorso-ventral, suivi du dédoublement des ébauches dorsales et de l'ébauche ventrale du segment α épargné par la régression ventrale; ce phénomène aboutit à la formation de la bouche de l'adulte. — M. **J. Chaine** : *Sur l'union de l'apophyse paramastoïde et du temporal chez*

les Mammifères. L'union de l'apophyse paramastoïde à l'os temporal se présente sous deux aspects différents : ou bien elle a lieu avec une portion quelconque du bord postéro-interne du temporal, ou bien elle se produit avec la région mastoïdienne. Dans cette dernière disposition, deux cas sont encore à considérer suivant que la paramastoïde n'est unie à la mastoïde qu'au niveau de sa partie proximale, ou qu'il y a fusion des deux formations sur à peu près toute leur longueur. — MM. **P. Girard** et **V. Morax** : *Echanges liquides par osmose électrique à travers des tissus vivants.* Les auteurs ont réalisé par osmose électrique à travers un tissu vivant — en l'espèce la cornée du lapin — des échanges liquides entre un milieu intérieur, l'humeur aqueuse, et un milieu extérieur constitué par une solution électrolytique de composition ionique déterminée. Dans l'endosmose électrique, le volume de l'humeur aqueuse s'accroît, élevant la tension oculaire jusqu'au double de sa valeur normale. Dans l'exosmose électrique, le volume de l'humeur aqueuse diminue, abaissant la tension oculaire jusqu'au quart de sa valeur.

Séance du 6 Avril 1920

1° Sciences mathématiques. — M. **Ch. Frémont** : *Cause de l'usure ondulatoire des rails.* Quand un glissement succède brusquement au roulement de la roue sur le rail, il se produit, par frottement brusque et excessif, un *choc tangentiel* au bandage de la roue; ce choc n'est pas un effort qui puisse être équilibré par un effort antagoniste : c'est une quantité de travail qui est absorbée par une déformation élastique d'organes mécaniques connexes avec la roue, généralement par l'essieu qui se tord. Cette déformation élastique, proportionnelle à l'intensité du choc, emmagasine une quantité de travail qui, brusquement restituée, entraîne rapidement la roue dans le sens inverse, par la détorsion de l'essieu, qui fait produire au bandage, sur le rail, un effet de meulage par friction locale. De nouveaux chocs succèdent au précédent pour les mêmes raisons et produisent ainsi les ondulations sur le rail par une suite de saccades rapides. — MM. **J. Villey** et **A. Volmerange** : *Le vol à voile par vent horizontal de vitesse et de direction invariables.* Les auteurs montrent que la conclusion de M. Noguès (voir p. 60), d'après laquelle un oiseau volant dans un vent horizontal régulier constant pourrait indéfiniment se sustenter, et même avancer contre le vent, sans dépenser d'énergie, est en contradiction manifeste avec les principes essentiels de la Mécanique. Le vol à voile prolongé, sans dépense d'énergie par l'oiseau, n'est possible que si l'oiseau vole dans un vent irrégulier, dont la composante normale à la direction générale du voyage change alternativement de sens le long de la trajectoire, avec une périodicité assez faible pour annuler la dérive avant qu'elle ait pris une valeur exagérée.

2° Sciences physiques. — M. **L. Besson** : *Sur les actinomètres d'Arago et de Bellani.* L'auteur a étudié les conditions de meilleur fonctionnement de ces appareils. Pour l'actinomètre à boules conjuguées d'Arago, il faut avoir soin d'orienter les thermomètres parallèlement à l'axe du monde; pour obvier à la diminution progressive de sensibilité qu'il manifeste dans le cours de temps, on peut faire usage d'un coefficient variable déterminé par comparaisons fréquentes avec un étalon. Le lucimètre de Bellani peut donner des indications fort utiles sur le signe et l'ordre de grandeur des variations de la luminosité dans une même station ou des différences de luminosité entre deux stations, mais on ne peut en obtenir des mesures tant soit peu précises de la quantité de chaleur lumineuse reçue du Soleil ou du ciel. — **M. Girousse** : *Sur la distribution dans le sol des courants émis par les lignes de traction électrique.* En employant la méthode de Neumann, l'auteur montre que le champ électrique créé dans le sol par une voie de tramway est le même que le champ newtonien dû à une ligne matérielle qui suivrait son parcours et dont la densité, positive ou négative, serait en chaque point proportionnelle au courant lancé dans le sol par les rails du tramway. Les courants de circulation sont alors représentés par les lignes de force de ce champ et leur intensité, suivant une direction faisant un angle θ avec la direction du champ, est donnée par une formule déduite par l'auteur. — MM. **P. Job** et **G. Urbain** : *Détection des ions sulfuriques dissimulés dans les complexes.* Alors que les sels de Ba employés suivant le procédé de dosage classique précipitent la totalité des groupements (SO^4) contenus dans un sulfate complexe, le chlorhydrate de benzidine précipite seulement, à froid, ceux qui fonctionnent comme ions libres; d'où une méthode très simple pour déceler les ions dissimulés. — MM. **Ch. Boulin** et **L. J. Simon** : *Action de l'eau sur le sulfure d'éthyle dichloré.* L'eau, très lentement à froid, beaucoup plus rapidement à l'ébullition, réagit sur le sulfure d'éthyle dichloré avec formation de HCl et de thiodiglycol; la réaction est réversible. KOH exerce une influence retardatrice très nette sur la décomposition.

3° Sciences naturelles. — M. **G. Dubois** : *La faune quaternaire de la base de l'Ergeron à Cambrai.* Cette faune présente un tel mélange de formes (de steppes, de montagnes, arctiques, de climat tempéré) aujourd'hui si nettement caractéristiques au point de vue climatérique, qu'elle est l'indice d'un affolement dans les migrations, dû à une avancée à la fois brusque et considérable du glacier septentrional, lors de la glaciation würmienne. — M. **G. Bertrand** : *Action de la chloropicrine sur les plantes supérieures.* Aux doses les plus fortes, les feuilles sont tuées rapidement et en quelque sorte fixées; à des doses plus faibles, on observe surtout les effets d'une forte plasmolyse; à doses plus petites encore, la plasmolyse diminue et on observe simplement une chute tardive. Les jeunes feuilles sont moins sensibles que les adultes. Quelques jours après le traitement, les bourgeons inaltérés se développent et le végétal se couvre de nouvelles feuilles. Il est donc possible, à la rigueur, de se servir de la chloropicrine pour débarrasser un végétal de tous les parasites foliaires sans le faire périr. — M. **A. Piutti** : *Sur l'action de la chloropicrine sur les parasites du blé et sur les rats.* L'auteur avait fait, antérieurement à M. G. Bertrand, des expériences sur cette question et avait abouti à des résultats semblables. — M. **V. Galippe** : *Recherches sur la résistance des microzymas à l'action du temps et sur leur survivance dans l'ambre.* L'auteur a reconnu que le temps est resté sans action sur les organismes vivants (microzymas) que l'ambre renfermait au moment de sa formation et que ceux-ci ont résisté à sa fossilisation, car ils peuvent être aujourd'hui extraits et cultivés avec formation de bacilles ovoïdes et de bâtonnets.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 24 Février 1920

M. M. Letulle : Rapport sur un travail du Dr **Normet**, intitulé : *Hématologie expérimentale; transformation du leucocyte en normoblaste; origine et rôle morphogénétique du globulin.* A la suite de nombreuses observations pratiquées sur le sang des intoxiqués par l'ypérite, le Dr Normet a été amené à penser que le globulin provient de la désintégration, totale ou partielle, du globule blanc. Pour justifier le bien-fondé de ses conclusions, il a entrepris une série d'expériences sur l'exsudat péritonéal et sur le sang circulant, chez le cobaye et le lapin. Les résultats concordants de ces diverses investigations ont amené l'auteur à la vérification de sa première interprétation; ils l'ont, en outre, conduit à la conception que le globule blanc mononucléaire est capable de produire directement, ou par l'intermédiaire du globulin, des éosinophiles et des globules rouges; il est vraisemblablement le générateur de toutes les cellules sanguines. — MM. **A. Robin** et **A. Bournigault** : *Le soufre dans le foie cancéreux.* Les parties les moins atteintes du foie cancéreux contiennent environ 20 °/₀ du soufre

total de plus que les parties les plus atteintes. Le rapport du S total à N total s'élève, dans les parties les moins atteintes, à 10,04 % contre 7,83 % dans les parties les plus atteintes, à 9,2 % dans les foies de comparaison et à 8,75 % dans le foie normal. Le tissu cancéreux se construit donc avec une quantité de S notablement inférieure à celle du foie normal, tandis que le S s'accumule dans les parties les moins atteintes. Cette augmentation reconnait comme cause un mode particulier de dislocation des protéiques encore sains, mode préparateur de la cancérisation. Ces données plaident en faveur de l'existence d'un ferment dissociateur d'une façon particulière des protéiques de l'organe où va naître le cancer et préparateur de la cancérisation. — M. **P. Ravaut** : *Le premier cas de contagion du bouton d'Orient.* L'auteur a observé un cas de cette affection sur une fillette n'ayant pas quitté les Pyrénées orientales depuis le début de la guerre. Il est vraisemblable que le germe a été fourni par des Kabyles ou des travailleurs coloniaux employés pendant l'été de 1918 aux vendanges dans le village, et que les moustiques furent les agents de transmission. Le bouton d'Orient peut donc se contracter en France. L'examen microscopique, portant sur un fragment de tissu écrasé entre lame et lamelle, peut seul donner la certitude du diagnostic.

Séance du 2 Mars 1920

M. le Président annonce le décès de Sir **Wiliam Osler**, associé étranger, et de M. **E. Boudier**, correspondant national. — M. **Guillain** est élu membre titulaire dans la Section de Pathologie médicale.

M. **M. Loeper** : *Les dyspepsies chroniques des gazés.* Les intoxications par les gaz (chlore et ypérite surtout) ont été une cause fréquente d'accidents gastriques, non seulement initiaux, mais éloignés. Ceux-ci revêtent deux types principaux : le type flatulent, qui rappelle toutes les dyspepsies nervo-motrices, et le type douloureux, à réactions habituellement tardives, pouvant se rapprocher même du syndrome pylorique. Ces manifestations gastriques sont des gastrites et non de simples dyspepsies.

Séance du 9 Mars 1920

MM. **Weil, F. Dévé, Girard, Mirallié** et **Crespin** sont élus correspondants nationaux dans la Division de Médecine.

MM. **H. Grenet** et **H. Drouin** : *Traitement des infections tuberculeuses chroniques par les sulfates de terres cériques.* M. Frouin a montré que chez l'animal les injections de sulfate de Sa, La, Nd et Pd déterminent une leucocytose mononucléaire intense, progressive et durable, et que d'autre part ces sulfates de terres rares modifient *in vitro* la vitalité, la morphologie et la constitution chimique du bacille tuberculeux. Les auteurs ont pensé que ces deux conditions favorables pourraient être mises à profit pour le traitement de la tuberculose. Ils ont donc pratiqué des injections intraveineuses de sulfates de terres cériques dans un certain nombre de cas de tuberculose ganglionnaire, cutanée et pulmonaire (avec lésions limitées et apyrexie). Le relèvement de l'état général, l'asséchement des lésions, des modifications nettes des signes physiques, une tendance manifeste à la sclérose, tels sont les résultats observés dans la tuberculose pulmonaire; ils sont à rapprocher des effets du même traitement dans les tuberculoses externes. — MM. **H. Vaquez** et **Magniel** : *Une complication peu connue du rétrécissement mitral : l'insuffisance fonctionnelle de l'orifice pulmonaire.* Les auteurs ont observé trois cas de rétrécissement mitral avec insuffisance de l'artère pulmonaire, caractérisés par un roulement des plus nets à la pointe du cœur, et à la partie moyenne un souffle diastolique dirigé de haut en bas et de droite à gauche. Le mécanisme de cette lésion est double. Dans un cas, elle relève de conditions mécaniques et de l'élévation de la pression dans la petite circulation, laquelle aboutit à la distension de l'artère pulmonaire et de son orifice ; son pronostic n'est alors pas très grave et il semble même qu'elle constitue une circonstance plutôt favorable. Dans l'autre cas, il faut invoquer un processus d'endartérite pulmonaire, assez analogue à l'endocardite infectieuse surajoutée à marche lente que l'on rencontre si souvent dans les cardiopathies valvulaires; cette lésion est en relation avec une infection et peut souvent disparaître après la guérison de l'infection.

Séance du 16 Mars 1920

MM. **Truc, Imbert** et **Moure** sont élus correspondants nationaux dans la Division de Pathologie chirurgicale.

M. **G. Marinesco** : *L'encéphalite léthargique en Roumanie.* L'auteur a observé en Roumanie sur une jeune fille un cas de cette maladie, à terminaison fatale, après laquelle il a pu pratiquer l'examen du cerveau. De celui-ci il conclut que l'encéphalite léthargique est une entité nosographique qui possède un substratum anatomique d'origine vasculaire consistant dans l'infiltration des veines, des veinules et des capillaires par des cellules hématogènes et histiogènes à la fois. L'agent pathogène se propage probablement par la gorge et est charrié par les vaisseaux lymphatiques, d'où il pénètre dans le cerveau moyen et le bulbe où l'on trouve le maximum de lésions. Cette maladie est produite par un agent pathogène inconnu, différent de celui de la grippe et de la paralysie infantile.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 13 Mars 1920

M. **J. L. Pech** : *Les différences de potentiel en Biologie.* Les différences de potentiel entre des tissus organisés et des liquides en contact (même le sang circulant chez les êtres vivants) peuvent être modifiées sous l'action de certains agents physiques (irradiation par des rayons ultra-violets) ou chimiques (acide azotique, toxines organiques). Les variations de différence de potentiel entre un tissu et un liquide au contact peuvent modifier les échanges osmotiques. — M. **Ed. Retterer** : *Surface articulaire temporale de l'articulation temporo-maxillaire.* La surface articulaire de l'articulation temporo-maxillaire est, à l'origine, revêtue de tissu conjonctif; celui-ci persiste dans la portion qui n'est pas soumise au frottement. Dans les portions qui subissent une action mécanique, le revêtement conjonctif produit les couches cartilagineuses. — MM. **B. G. Duhamel** et **R. Thieulin** : *Nouvelles recherches sur l'activité biologique des colloïdes. Crise hépatique.* Les extraits des foies en état de crise colloïdale ont un pouvoir antitoxique supérieur à l'extrait de foie normal. Les auteurs ont même obtenu un cas de survie définitive chez un cobaye inoculé avec de la toxine diphtérique traitée par l'extrait d'un foie ayant reçu une injection d'or colloïdal électrique. Ce pouvoir antitoxique s'exerce même lorsqu'on pratique séparément les injections de toxine et d'extraits hépatiques.

Séance du 20 Mars 1920

MM. **E. Hédon** et **G. Giraud** : *La courbe de la glycémie dans les premières heures qui suivent la pancréatectomie.* L'étude de la courbe glycémique permet, bien mieux que la recherche de la glycosurie, de suivre d'une façon précise les effets immédiats de la pancréatectomie. Suivant le mode opératoire employé, la courbe de la glycémie commence à s'élever, *immédiatement* s'il s'agit de l'extirpation d'une greffe sous-cutanée, chez un animal bien guéri de la dépancréation, *après un temps perdu variable*, mais n'excédant généralement pas 2 à 3 h., après pancréatectomie totale en un seul temps. La courbe glycémique suit dès lors une marche régulièrement ascendante jusqu'au taux élevé de 3 à 4 ‰ qu'elle atteint généralement dans les 24 h. et auquel elle se maintient définitivement. — M. **Lemoigne** : *Fermentation butylène-glycolique des hydrates de carbone par les vibrions cholériques et pseudocholériques et par les bacilles*

diphtériques et pseudodiphtériques. Les vibrions cholériques et les bacilles diphtériques sont des ferments butylèneglycoliques des hydrates de carbone. Les quantités d'acétylméthylcarbinol formées sont faibles, mais facilement décelables par la réaction de la nickeldiméthylglyoxime. Cette réaction ne permet pas de différencier les vibrions cholériques des pseudocholériques, ni les bacilles diphtériques des pseudodiphtériques, mais semble pouvoir être utilisable pour la caractérisation de certaines races de ces microbes. — MM. **L. Binet** et **P. Brocq** : *Reproduction expérimentale de la pancréatite hémorragique avec stéato-nécrose*. L'injection de suc intestinal pur (comme celle de bile) dans le canal de Wirsung d'un chien en pleine digestion entraîne la production d'une pancréatite hémorragique avec stéatonécrose; l'entérokinase active le trypsinogène *in situ* et déclanche ainsi la lésion. L'injection dans le canal de Wirsung d'une solution stérilisée de $CaCl^2$ engendre une réaction pancréatique du même ordre, remarquable par son intensité et pouvant même se compliquer de production de cavité pseudo-kystique dans l'épaisseur de la glande pancréatique. — MM. **M. Brulé** et **H. Garban** : *Sur les procédés d'extraction de la stercobiline*. Les solvants organiques considérés comme les meilleurs solvants de la stercobiline n'en extraient des fèces qu'une certaine quantité; lorsque leur action est épuisée, une solution aqueuse alcaline faible en retire encore une proportion importante, et des extractions répétées et prolongées sont nécessaires pour obtenir un résidu où la stercobiline ne puisse plus être décelée. Si donc le chloroforme ou l'alcool amylique gardent tout leur intérêt lorsqu'il s'agit seulement de rechercher s'il existe ou non de la stercobiline dans une selle, les procédés d'extraction jusqu'ici employés pour le dosage de cette substance sont tout à fait insuffisants. — M. **G. Linossier** : *Les vitamines et les champignons*. Entre les êtres, animaux ou végétaux, élevés en organisation, qui ne peuvent fabriquer des vitamines et sont obligés de les emprunter à leur alimentation, et certains microbes qui, en produisant en excès, se développent aisément dans les milieux avitaminés, les champignons inférieurs constituent une classe intermédiaire d'êtres capables de fabriquer des vitamines, mais parfois en quantité insuffisante, et perdent cette propriété quand leur vitalité est diminuée ou quand leur alimentation est d'utilisation difficile. A côté de la notion d'un besoin absolu de vitamines, il convient donc d'admettre celle d'un besoin relatif, relatif à l'état physiologique actuel, relatif à la valeur des autres facteurs de l'alimentation. — M. **M. Favre** : *Topographie, répartition, signification morphologique et fonctionnelle des filaments spiralés de l'épiderme*. Les filaments spiralés n'existent pas seulement dans l'assise génératrice de l'épiderme; on peut les mettre en évidence dans toute la hauteur du corps muqueux. Il y a une relation directe entre le développement du dispositif des filaments spiralés et le développement des couches granuleuse et cornée. Le filament spiralé est de signification mitochondriale : il représente le chondriome de la cellule malpighienne à évolution cornée. Il disparaît plus ou moins complètement sous l'influence de l'inflammation pour être remplacé par un chondriome de type commun, avec les éléments duquel il peut subsister dans certaines cellules. L'aboutissant du filament spiralé est dans les enclaves intracytoplasmiques des cellules de la couche granuleuse. — MM. **C. Levaditi** et **P. Harvier** : *Le virus de l'encéphalite léthargique* (encéphalite épidémique). Les auteurs ont constaté que le virus de l'encéphalite léthargique est inoculable au lapin et peut être entretenu par des passages réguliers sur cet animal. Il devient *virus fixe*, tuant l'animal le 4e, 5e ou 6e jour, avec des symptômes de torpeur et des lésions typiques. Après de nombreux passages sur le lapin, il devient pathogène pour les singes catarrhiniens. Ce virus n'est pas cultivable par les moyens habituels. Il se conserve dans la glycérine. Il s'agit d'un virus filtrant spécifique, nettement différent de celui de la poliomyélite, qui est sans action sur le lapin.

MM. **Mouton** et **Bridel** sont élus membres titulaires de la Société.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 29 Janvier 1920

SCIENCES NATURELLES. — M. **H. Onslow** : *Sur une structure périodique existant dans beaucoup d'écailles d'Insectes, et la cause de leurs couleurs irisées*. La cause de l'irisation chez les Insectes reste inexpliquée, les physiciens n'ayant pu se mettre d'accord sur ce sujet. L'auteur a étudié la structure fine de nombreux corps irisés et il arrive à la conclusion qu'aucune théorie générale ne peut expliquer tous les cas. Chez les papillons, le type principal de structure produisant la coloration était resté ignoré : il consiste en plaques transparentes de chitine séparées par des lames d'air. Ces plaques sont perpendiculaires à la surface des écailles et ne sont épaisses que de quelques demi-longueurs d'onde. Leur hauteur, leur forme et leur couleur contrôlent la coloration et la saturation. Quelques papillons ont des plaques de chitine qui paraissent parallèles au plan de l'aile. L'auteur fournit quelques arguments montrant que les couleurs de transmission et de réflexion monochromatiques des Coléoptères à écailles ne sont pas entièrement dues à des « réseaux », comme l'a avancé Michelson. Chez certains Coléoptères, la coloration est produite par une couche épaisse de bâtonnets doublement réfringents, et les sections tangentes à la surface conservent leur coloration. La chitine des ailes des « Tortues » dorées paraît métallique à toutes les épaisseurs quand elle est mouillée, mais elle perd sa couleur quand elle est sèche. — **M. L. T. Hogben** : *Etudes sur la synapsis. I. L'oogénèse chez les Hyménoptères*. L'auteur a étudié l'oogénèse chez les Hyménoptères suivants : *Cynips kollari*, *Rhodites rosæ*, *Orthopelma lutiolator*, *Synergus rheinhardii*, *Lasius flava* et *Formica rufa*. Il est arrivé aux résultats suivants : 1° *Détermination du sexe chez les femelles produites agamiquement*. Chez les *Cynips* et *Rhodites* (formes agames), il y a une réduction des chromosomes dans le jeune oocyte. Le nombre somatique des chromosomes des seconds est de 18, conformément aux indications d'Henking. Les chromosomes du jeune oocyte comptés par Schleip sont doubles (bivalents). L'hypothèse d'Henking du doublement des chromosomes dans la segmentation est donc confirmée. Les deux corps polaires se forment probablement par division homotypique. 2° *Les prophases de maturation*. Dans le jeune oocyte, un stade diplotérique et pachytérique avec un nombre biciploïde de filaments suit invariablement la synapsis. A cet état, les cellules nourricières sont différenciées. Chez les *Cynips*, *Rhodites* et *Orthopelma*, le nombre diploïde réapparaît après un stade diffus. Ces chromosomes univalents se conjugent bout à bout, comme Heynes l'a décrit chez le *Copidosoma*. Il y a donc deux conjugaisons des chromosomes chez les Hyménoptères parasites, ainsi qu'Agar l'avait décrit chez le *Lepidosiren*, mais ce qui n'avait pas encore été confirmé chez d'autres espèces. Un fuseau abortif suivi d'une formation atypique de corps polaires paraît générale chez les Hyménoptères. 3° *Noyaux secondaires et oosome*. L'auteur a observé des noyaux secondaires dans l'oogénèse chez les *Synergus*, *Formica* et *Lasius*. Ils paraissent dériver des chromidies rejetées par la vésicule germinale au moment où cette dernière subit une diminution de capacité de coloration. L'oosome apparaît chez le *Synergus* comme un nuage de granules cytoplasmiques; il n'est pas d'origine nucléaire. — M. **W. Bateson** et Mlle **C. Pellew** : *La génétique des « vagabonds » parmi les pois culinaires* (Pisum sativum). Dans une communication précédente (*Rev. gén. des Sc.*, t. XXVII, p. 227), les auteurs ont montré que certains intermédiaires entre les pois types et les pois « vagabonds » se comportent d'une façon particulière au point de vue génétique. Les familles qui en dérivent par auto-fécondation consistent en une petite minorité de plantes types et une majorité de « vagabonds ». Des

expériences préliminaires avaient montré que les plantes types proviennent des graines contenues dans les cosses *inférieures*. Les recherches des quatre dernières années, consistant principalement en croisements réciproques entre les fleurs successives, ont confirmé cette conclusion et ont prouvé, en outre, que le rapport des gamètes types aux gamètes vagabonds est différent du côté mâle et du côté femelle. Du côté femelle, le rapport est presque égal pour les dix premières fleurs, après quoi la proportion de vagabonds augmente. Du côté mâle, en prenant les gamètes types comme unité, la proportion des gamètes vagabonds dans les six premières fleurs est : 4,6, 4,9, 7, 10, 12,3 et 29,5. Par auto-fécondation, la proportion trouvée pour les six premières fleurs est 15, 11, 13, 15, 54 et plus de 100. Il y a donc un changement graduel dans les fleurs successives. L'élision graduelle des caractères du type doit être provoquée par un processus analogue à celui qui opère plus rapidement dans le cas des plantes F_1 dérivant du croisement entre type et vagabond. Celles-ci, quoique contenant le type, ne fournissent que des vagabonds, le type étant confiné à la base de la plante.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 13 *Février* 1920

M. C. H. Lees : *La température de l'intérieur de la Terre.* Dans 1 cm³ de matière à l'intérieur de la Terre, l'énergie engendrée par la matière radio-active est équivalente à la somme des quantités suivantes : 1° chaleur utilisée à l'élévation de température ; 2° perte de chaleur par conduction, etc.; 3° variation d'énergie gravitationnelle ; 4° tension thermique. Le seul facteur connu avec certitude est la perte par conduction, qui s'élève à une moyenne de 10 ergs par année par cm³. L'équivalent approximatif en eau de la substance terrestre est de 0,8 ; donc une élévation de température de 1° C. nécessite 33 millions d'ergs. Ainsi, à ne considérer que la perte par conduction, la température s'abaisserait de 1° en 3,3 millions d'années. La découverte de la radio-activité, toutefois, a montré que, près de la surface terrestre, la quantité moyenne d'énergie radio-active engendrée est de 1.000 ergs par cm³. Cette quantité diminue rapidement lorsqu'on atteint des roches plus profondes. Lord Rayleigh fils a suggéré que la moyenne peut être d'environ 10 ergs, quantité juste suffisante pour équilibrer la perte calorifique de la surface. Si l'on accepte cette théorie, on se trouve en présence d'un état stationnaire, sans élévation ni chute de température, et le calcul de la température à l'intérieur de la masse devient simple. La théorie de l'équilibre a été, toutefois, très critiquée et il est nécessaire de considérer d'autres alternatives. Il y a deux cas possibles : ou bien la température s'élève, par suite de l'excès de l'énergie radio-active sur la perte à la surface, ou bien la température s'abaisse dans l'alternative contraire. Les données géologiques rendent le premier cas très improbable. Pour un taux de variation de la température de 1° par million d'années, la variation de l'énergie thermique correspondante serait de 33 ergs par année et par cm³, tandis que le changement de l'énergie de gravitation serait de 20 ergs par année et par cm³. Ces quantités peuvent être groupées et considérées comme une seule en admettant que l'équivalent en eau de la substance terrestre est de 1,6 fois sa valeur actuelle. Alors, en négligeant les effets radio-actifs, le temps nécessaire pour un refroidissement de 1° serait de 5,4 millions d'années au lieu de 3,3 millions, chiffre obtenu sans tenir compte de l'énergie gravitationnelle. D'après les quantités relatives de plomb et d'uranium trouvées dans les roches, on a calculé que le temps qui doit s'être écoulé depuis la formation de la croûte est de l'ordre de 1.000 millions d'années. La température de solidification était probablement voisine de 1.300° C., de sorte que nous avons maintenant les données nécessaires pour calculer le taux actuel de refroidissement. De ce dernier, quelle que soit l'hypothèse faite sur la distribution actuelle des matériaux radio-actifs, on peut déduire la température en tous les points de l'intérieur de la Terre. — Sir **A. Schuster** : *L'influence de petites variations de température sur la réfraction atmosphérique.* L'auteur a recherché la déviation possible de la lumière d'une étoile située près du Soleil, provenant des variations de température dans l'atmosphère produites par le passage de l'ombre de la Lune à travers la Terre pendant une éclipse. Il a reconnu que les déplacements dus à cette cause varient considérablement pour de légères différences des conditions dans lesquelles on se place, mais qu'ils sont toujours négligeables par leur petitesse en comparaison des effets de déviation observés pendant la dernière éclipse.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

Section de Manchester

Séance du 5 *Décembre* 1919

M. E. Ardern : *Le procédé de la purification des eaux d'égout par les boues activées.* L'auteur décrit le fonctionnement d'une grande installation à débit continu pour le traitement des eaux d'égout de Manchester par le procédé de la boue activée. Cette installation, terminée en décembre 1917, a été construite pour traiter 250.000 gallons d'eau d'égoût par jour, avec une période moyenne d'aération de 4 h. On n'a éprouvé aucune difficulté à effectuer la distribution uniforme de l'air employé, dont la consommation varie de 0,8 à 1,5 pied cube par gallon d'eau traitée. La boue récupérée s'élève à 0,6 tonne de matière sèche par million de gallons d'eau, et elle contient 6,5 % d'azote utilisable. — **MM. F. S. Sinnatt et B. Moore** : *Méthode pour déterminer les températures relatives d'inflammation spontanée des charbons.* Cette méthode consiste à faire tomber une petite quantité de charbon dans un creuset maintenu à des températures variables, mais définies, et à observer : 1° le moment où le charbon commence à devenir rouge ; 2° le moment où a lieu l'inflammation ou l'explosion spontanée ; 3° le moment où cesse l'incandescence. Les résultats obtenus avec un certain nombre de charbons montrent que la première donnée est relativement régulière, d'où les auteurs ont conclu que la courbe temps-température obtenue peut servir à caractériser les charbons. Deux courbes obtenues avec des charbons connus pour produire des feux peu flambants diffèrent d'une façon marquée des courbes obtenues avec des charbons bitumineux ordinaires. Des expériences préliminaires ont montré que la finesse du charbon a une grande influence sur la température à laquelle se produit l'incandescence ; avec des mélanges de charbon fin et grossier, cette température tend à s'approcher de celle de la matière la plus fine.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

31e ANNÉE N° 9 15 MAI 1920

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences, de l'Académie de Médecine

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Alfred Werner. — La Chimie a perdu récemment l'un de ses plus éminents représentants en la personne d'Alfred Werner, né à Mulhouse en 1866, décédé à Zurich à la fin de 1919.

Après avoir commencé ses études dans sa ville natale, il entra en 1886 à l'Ecole Polytechnique fédérale de Zurich, où il prit son doctorat en 1890 et où, après un hiver passé à Paris au laboratoire de Berthelot au Collège de France, il fut rappelé en 1892 comme privat-docent. L'année suivante, il était nommé professeur de Chimie à l'Université de Zurich, fonctions dans lesquelles la mort l'a surpris prématurément après 26 ans d'une brillante carrière. Alsacien d'origine, Werner avait, après son installation à Zurich, sollicité la nationalité suisse; il n'en restait pas moins fortement attaché à son pays natal, qu'il eut la joie, avant de mourir, de voir retourner à la mère patrie.

Les premiers travaux de Werner se rapportent à la Chimie organique pure, en particulier à certaines combinaisons azotées : oximes, acides hydroxamiques, hydroxylaminés, nitroliques, etc. Mais c'est dans le domaine des combinaisons métalliques complexes, auquel son nom restera attaché, qu'il a ouvert une voie nouvelle. Avant lui, les travaux de Blomstrand et de Jorgensen avaient abouti à la conclusion que, dans les diverses séries de composés que l'on désigne aujourd'hui sous le nom de cobaltammines, les molécules d'ammoniaque sont les unes reliées directement à l'atome de cobalt, les autres liées entre elles de manière à former des chaînes analogues à celles des corps organiques de la série grasse. Werner, rapprochant les résultats obtenus par Jorgensen des idées d'Arrhénius, édifia sur de nouvelles bases la théorie des métalammines. Dans un composé tel que $[Co(NH^3)^6]Cl^3$, il distingue deux sortes de valences : la valence électrolytique et une valence intraionique d'une nature spéciale, à laquelle il a donné le nom de *valence de coordination* ; le nombre des molécules entières, ou des ions simples, réunis à un atome métallique par les valences de coordination, est appelé indice de coordination ; il est généralement égal à 6. L'exactitude de cette conception fut établie par de nombreuses recherches sur le nombre d'ions que les composés inorganiques complexes forment en solution aqueuse, recherches basées sur la détermination de la conductibilité électrolytique de ces solutions ; en effet, les groupes directement reliés à l'atome central restent unis avec ce dernier quand les composés sont dissous dans l'eau et ne prennent par conséquent pas part à la conductibilité électrolytique.

Les formules ioniques de Werner permirent à la fois une classification et une nomenclature rationnelle des complexes. Elles firent entrevoir, d'autre part, l'existence d'un grand nombre de cas d'isomérie ou de polymérie, auxquels Werner a donné les noms de polymérie de coordination, isomérie de coordination, métamérie d'ionisation, isomérie d'hydratation, isomérie saline, et qu'il parvint à réaliser expérimentalement.

Si l'on admet, avec Werner, que les six places de coordination de l'atome élémentaire central sont équivalentes (ce que démontre, d'ailleurs, l'impossibilité de préparer des composés isomères contenant des radicaux complexes $Me^{A^5}_{B^1}$), on peut prévoir théoriquement trois dispositions symétriques différentes de ces places : plane, prismatique ou octaédrique. Les deux premières laissent prévoir trois séries d'isomères de composés à radicaux complexes : $Me^{A^4}_{B^2}$; la disposition octaédrique n'en demande que deux. Or c'est ce dernier cas qui se vérifie toujours expérimentalement. Mais les formules de configuration déduites pour ces isomères du schéma octaédrique présentent les mêmes rapports que celles des acides maléique et fumarique ; on pourrait donc s'attendre à des différences de propriétés optiques entre les isomères stéréochimiques inorganiques, analogues à celles qu'on constate entre les isomères chimiques organiques. On peut dire que c'était là l'épreuve cruciale de la théorie de Werner ; elle a brillamment tourné à son honneur : grâce à une habileté expérimentale remarquable, en opérant le dédoublement des corps racémiques par cristallisation fractionnée de leurs combinaisons avec des substances douées elles-mêmes

du pouvoir rotatoire, Werner a obtenu les deux séries de complexes actifs, faisant tourner en sens inverses le plan de polarisation de la lumière.

L'attribution du Prix Nobel pour la Chimie en 1913 avait mis le sceau à cette belle série de découvertes, qu'une mort prématurée est venue brusquement interrompre, alors qu'on pouvait encore beaucoup espérer de la force de travail et de la belle intelligence de l'éminent professeur de Zurich. L. B.

§ 2. — Mathématiques

Une méthode graphique pour construire une courbe au moyen de l'inverse d'une des variables. — Lorsqu'on cherche la fonction mathématique qui représente d'une façon satisfaisante les données obtenues dans une série d'expériences, il est parfois utile d'employer comme coordonnée l'inverse d'une des variables et de déduire de la courbe obtenue la forme de l'équation désirée. Ainsi une hyperbole rectangulaire devient dans ces conditions une ligne droite, et l'équation de cette dernière permet d'écrire immédiatement l'équation de l'hyperbole. Le meilleur procédé est soit de calculer les inverses des valeurs données, soit d'employer un papier réglé de telle façon que l'échelle des ordonnées soit l'échelle inverse $1/y$.

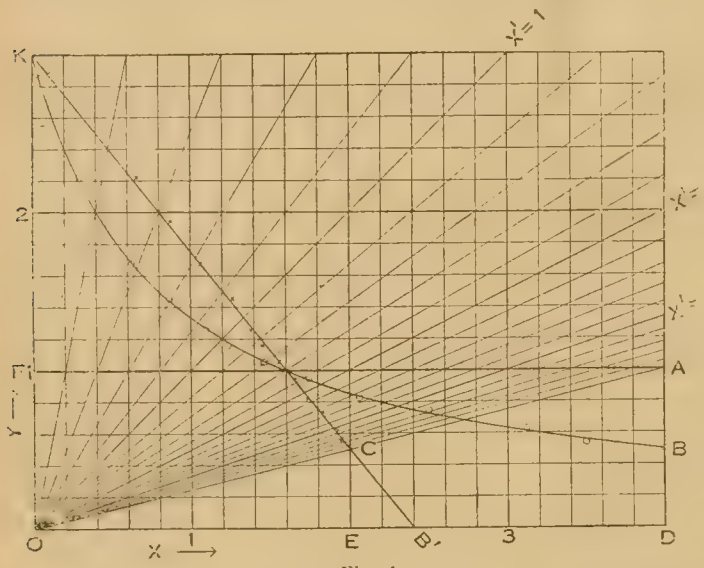


Fig. 1.

M. F. E. Wright[1] vient de faire connaître une autre méthode qui ne nécessite aucun calcul spécial. Le principe en est illustré par la figure 1. On emploie du papier quadrillé ordinaire; l'échelle des ordonnées (Y) est inaltérée; l'échelle des X (non pas nécessairement des x, mais de toute fonction de x qu'il peut être utile d'employer) est transférée de l'axe des X (OD) sur une ligne horizontale FA placée à la distance unité ($y=1$) de cet axe. On trace alors, en partant de l'origine, une série de lignes divergentes passant par les divisions de l'échelle des X, chacune d'elles (x'_1) correspondant à la division qu'elle intercepte. L'intersection de l'une de ces lignes diagonales (x'_1) avec l'ordonnée (y'_1) est un point P' en projection, de même que l'intersection d'une ordonnée (y_1) et d'une abscisse (x_1) en projection ordinaire fixe la position d'un point P.

Dans les triangles semblables ADO et CEO (fig. 1), $AD=1$, $OD=x$, $CE=y'=BD=y$, et $OE=x'$. Donc $OE/CE=OD/AD$ ou

$$(1) \qquad x' = xy \text{ et } y' = y.$$

L'expression d'une courbe dans l'une des projections peut être transformée en celle de la courbe correspondante dans l'autre projection en substituant dans celle-ci à la place d'x' la valeur de xy (équation 1) dans la première expression.

Pour illustrer la méthode, on a représenté dans la figure 1 par de petits cercles les valeurs obtenues dans une série d'expériences et portées en coordonnées à la manière habituelle sur du papier quadrillé. Pour trouver l'équation de la courbe KB passant par tous ces points, on a tracé les lignes radiantes (x') partant de l'origine et passant par l'échelle des X portée sur la ligne ($y=1$); on a cherché les points d'intersection des ordonnées $y'(=y)$ avec les lignes radiantes correspondantes (x'); ces points sont indiqués par des croix. La courbe KB' passant par les points (x') se trouve dans ce cas être une ligne droite, qui coupe l'axe des X au point 2,4 et l'axe des Y au point 3,0; son équation est donc :

$$y = -1{,}25x' + 3{,}00.$$

L'équation de la courbe x,y est donc (d'après l'équation 1) :

$$y(1{,}25x + 1) = 3{,}00;$$

c'est l'équation d'une hyperbole rectangulaire.

Dans le cas où la ligne KB' ne serait pas une ligne droite, mais une courbe dont l'expression mathématique pourrait être trouvée, celle-ci peut être convertie immédiatement dans l'équation désirée en coordonnées ordinaires.

§ 3. — Astronomie

Sur l'origine des cratères de la Lune. — On sait que l'origine des cratères lunaires est encore controversée : les deux principales explications qui ont été fournies sont l'action volcanique, d'une part, le choc de météorites, d'autre part.

Certaines observations faites pendant la guerre, et rapportées par M. Herbert E. Ives[1], viennent apporter une preuve de plus en faveur de la seconde théorie. Au cours d'exercices de bombardement par aéroplanes à Langley Field (Virginie), l'explosion des bombes sur le sol a donné naissance à de nombreux cratères, qui, photographiés ensuite d'une certaine hauteur en aéroplane, présentent une ressemblance frappante avec les cratères lunaires. Le pic central, la paroi enveloppante, les traînées radiales sont exactement reproduits ; la similitude s'étend même aux cratères qui se recouvrent en partie.

Des explosions peuvent-elles avoir produit les cratères lunaires? L'atmosphère terrestre est traversée par des météores animés de vitesses allant de 16 à 64 km. par seconde, qui deviennent parfois incandescents et éclatent avec bruit. La protection apportée par la couche d'air les empêche le plus souvent d'atteindre la surface de la Terre. Mais la Lune ne possède pas d'atmosphère. Un météore se déplaçant avec la plus faible des vitesses ci-dessus et ayant une chaleur spécifique de 0,2 serait porté à une température de 15.000° C. par sa collision avec la surface lunaire, même si les 9/10 de la chaleur développée étaient communiqués au milieu environnant. Cette haute température gazéifierait instantanément n'importe quelle substance et agirait à la façon d'une explosion. Le cratère serait donc le résultat non du choc direct du météore contre la surface lunaire, mais du dégagement gazeux concomitant. L'angle d'incidence des météores n'aurait que peu d'importance. Quoiqu'ils bombardent la Lune de directions différentes, les cra-

1. *Journal of the Washington Acad. of Sciences*, t. X, n° 7, p. 185 ; 4 avril 1920.

1. *Astrophysical Journal*, nov. 1919.

tères formés n'enregistrent pas ces directions puisqu'il sont la conséquence de l'expansion de gaz.

Ces observations confirment pleinement les vues exposées ici même par M. Bosler il y a plusieurs années[1].

§ 4. — Zoologie

A propos de la destruction des larves de moustiques. — Il y a quelques mois nous avons signalé ici même[2] les observations de M. A. Caballero sur la destruction des larves de moustiques dans l'eau renfermant des *Chara fœtida*. Plus récemment, M. F. Regnault a rappelé[3] que les lentilles d'eau (*Lemna* spp.), quand elles couvrent entièrement la surface des marais, font aussi disparaître les larves de moustiques, car celles-ci, ne pouvant plus venir respirer à la surface, périssent asphyxiées. Centanni et Orta avaient préconisé ce procédé, et M. Laveran, dans son *Traité du paludisme*, pense qu'il peut « être utile dans quelques cas particuliers ».

Au cours d'un séjour en Corse en 1917, M. F. Regnault a remarqué qu'aux environs d'Ajaccio quelques rares mares bourbeuses étaient couvertes de lentilles d'eau et par suite débarrassées de larves de moustiques, tandis que d'autres mares, en grand nombre, étaient pourvues d'une eau claire, n'avaient pas de lentilles d'eau et possédaient une grouillante population de larves, parmi lesquelles on reconnaissait les larves d'Anophèles. Ayant mis des lentilles d'eau dans quelques-unes de ces mares, elles y périrent. Se souvenant que les lentilles se développent dans les eaux chargées de matières organiques, il jeta dans ces mares un peu de bouse de vache et de crottin de cheval, puis les ensemença avec quelques lentilles. Celles-ci se multiplièrent, foisonnèrent, et les larves de moustiques disparurent. Quand les matières organiques furent épuisées, les lentilles périrent. L'auteur a répété cette expérience à plusieurs reprises; elle a toujours donné le même résultat.

Il serait donc facile de cultiver des lentilles d'eau, et dans la lutte contre le paludisme cette culture serait avantageuse pour les grandes mares, où l'emploi du pétrole est coûteux.

Les modifications causées chez des Cténophores par le genre de vie. — De récentes observations ont permis à T. Komai[4] de préciser la place de Cténophores que le commensalisme ou le parasitisme ont profondément modifiés.

L'adulte discoïde de *Cœloplana bocki*, qui vit en commensal sur les Alcyonnaires, résulte de la métamorphose d'un embryon Cydippoïde, qui, après avoir nagé quelques heures, perd ses palettes ciliées et rampe au moyen de la surface interne de son pharynx, que l'ouverture démesurée de la bouche a étalé en sole.

Le *Gastrodes parasiticum*, dont la position était douteuse tant que l'on ne connaissait que les jeunes, parasites de *Salpa fusiformis*, est capable d'acquérir les palettes ciliées, les tentacules, l'organe aboral pourvu d'otolithe, et, peut-être, de mener la vie d'un Cténophore. Son œsophage, conduisant par un infundibulum à deux canaux perradiaux bifurqués, le rapproche des *Platyctenea*.

Les Cténophores sont donc des êtres très plastiques, capables, à partir d'une forme moyenne telle que *Cydippe*, de s'adapter parfaitement à la vie pélagique, ou au contraire à la vie fixée.

1. J. Bosler : Les pierres tombées du ciel et l'évolution du système solaire. *Rev. gén. des Sc.* du 15 novembre 1916, t. XXVII, p. 610-620.
2. *Rev. gén. des Sc.* du 30 décembre 1919, t. XXX, p. 702.
3. *Bull. de la Soc. de Pathologie exotique*, t. XII, n° 10, p. 735; déc. 1919.
4. Taku Komai : *Coeloplana bocki* and its development, — Preliminary note on *Gastrodes parasiticum*. *Annotationes Zool. Japon.*, Tokio, janv. 1920.

§ 5. — Physiologie

Le métabolisme des acides biliaires. — Nous sommes remarquablement mal documentés sur l'origine et sur la signification physiologique des acides biliaires; nous les faisons dériver des protéines, puisque ce sont des corps azotés, mais nous ne savons à peu près rien de plus. MM. G. Foster, C. W. Hooper et G. H. Whipple, dans une note récente à l'« American physiological Society[1] », communiquent quelques résultats intéressants.

Après avoir perfectionné les méthodes d'analyse, grâce à quoi ils peuvent connaître les quantités d'acide taurocholique avec une approximation suffisante (l'erreur ne dépasse pas 6 à 8 °/₀), ils recherchent les variations de l'élimination de cet acide dans la bile de chiens à fistule biliaire. Tout d'abord cette élimination paraît éminemment variable, présentant de très grandes fluctuations, mais on peut atténuer, sinon supprimer celles-ci en imposant à l'animal un régime alimentaire rigoureusement déterminé. Durant le jeûne, l'élimination ne disparaît pas, mais s'abaisse; durant les périodes d'alimentation, elle augmente et présente un maximum quand l'alimentation est très riche en viande (3 à 4 fois la quantité éliminée durant le jeûne). Une alimentation riche en sucre, par contre, la diminue considérablement, la faisant tomber au-dessous de la valeur qu'elle présente durant le jeûne absolu. On peut conclure de ces constatations que l'acide taurocholique a une origine endogène, puisque son élimination persiste durant le jeûne, et une origine exogène puisqu'elle augmente durant les périodes d'alimentation. On peut conclure encore de ces constatations que les variations de l'élimination de l'acide taurocholique suivent les variations de la désintégration protéique, puisque le sucre, aliment d'épargne azotée, diminue considérablement sa quantité.

L'ingestion d'une petite quantité de bile provoque une exagération de l'élimination biliaire d'acide taurocholique, en même temps qu'une exagération de la sécrétion biliaire, et cette observation confirme le caractère cholagogue des acides biliaires dès longtemps connu. L'ingestion d'une petite quantité de bile additionnée de sucre provoque une exagération de l'élimination biliaire d'acide taurocholique, mais ne provoque aucune exagération de la sécrétion biliaire : l'action cholagogue de la bile est supprimée par le sucre; de sorte que la bile produite dans ces conditions est remarquablement riche en acide taurocholique (7 à 9°/₀).

L'injection intraveineuse ou l'ingestion de taurine n'agit pas sur la sécrétion biliaire. L'ingestion de taurine et d'acide cholalique provoque une exagération de la sécrétion biliaire et une augmentation de la quantité des sels biliaires excrétés. L'acide cholalique ingéré seul est cholagogue, et si l'animal sur lequel on expérimente est abondamment nourri de viande, l'acide cholalique ingéré détermine une augmentation de l'élimination des sels biliaires. La cystine injectée seule n'agit pas sur la bile produite; mais la cystine unie à l'acide cholalique remplit le rôle que jouait la taurine dans le mélange taurine-acide cholalique; ce qui conduit à confirmer cette notion que la taurine dérive de la cystine. L'acide cholalique est assez mal connu quant à sa constitution chimique; quelques réactions le rapprochent de la cholestérine, de la térébenthine et du camphre; mais aucune de ces substances introduites dans l'économie n'agit sur la quantité et la composition de la bile sécrétée comme le fait l'acide cholalique.

On peut admettre que l'acide cholalique produit dans l'économie (on ne connaît pas présentement son origine) est le déterminant essentiel, peut-être unique, de la quantité et de la richesse en sels biliaires de la bile sécrétée, au moins chez les chiens à fistule biliaire.

Ces résultats des auteurs américains, sans doute, ne résolvent pas les problèmes qu'on peut considérer dans l'étude de la formation de la bile, mais au moins

1. *Amer. J. of Physiology*, t. XLIX, fasc. 1, p. 129-130.

représentent-ils des données précieuses, qui aideront vraisemblablement quelque prochain jour à faire de sérieux progrès vers les définitives solutions.

Elimination urinaire d'alcool. — Dans le tome XXXVIII du *Skandinavisches Archiv für Physiologie* (p. 90-96), M. Toivo Seppä a exposé les résultats de recherches qu'il a faites sur lui-même pour déterminer la marche de l'élimination urinaire de l'alcool après absorption d'une quantité modérée de cette substance. Ce travail mérite de retenir l'attention en raison de la précision très grande des conditions expérimentales réalisées, de la durée relativement longue de la recherche, des soins tout particuliers apportés dans les déterminations numériques.

M. Toivo Seppä, un jeune homme de 26 ans, qui n'avait jamais bu d'alcool avant d'entreprendre ces expériences, ingérait d'un seul coup soit 25 cm³, soit 50 cm³ d'alcool en solution à 40 °/₀; puis il recherchait la présence de l'alcool dans les urines recueillies par fractions dans les heures suivantes.

Qu'il ait ingéré 25 ou 50 cm³ d'alcool, quand l'estomac n'était pas vide au moment de l'ingestion, il n'en retrouvait pas dans les urines; quand, au contraire, l'alcool était absorbé à la dose de 50 cm³, l'estomac étant vide, il était facile de manifester sa présence dans les urines, durant 6 à 8 heures.

La quantité d'alcool éliminée par les urines est d'ailleurs toujours petite (dans ces conditions expérimentales tout au moins), ne dépassant pas 1,34 °/₀ de l'alcool ingéré.

Ces faits paraissent intéressants à un double point de vue.

D'abord ils confirment les conclusions bien connues des recherches de Benedikt et Attwater, qui avaient constaté que l'alcool pris sous forme de vin, en quantité modérée, est utilisé dans l'organisme au même titre qu'un élément hydrocarboné, c'est-à-dire peut être substitué dans la ration alimentaire à une quantité isodyname de sucre ou d'amidon. M. Toivo Seppä ne retrouvant point dans les urines les 98,66 °/₀ de l'alcool ingéré, c'est que cette quantité a été consommée et utilisée dans l'organisme; les conclusions des auteurs américains peuvent donc être étendues du vin pris en quantité modérée à l'alcool à 40 °/₀ pris en quantité modérée.

Et puis, si l'on admet avec Willmark que la concentration de l'alcool dans le sang et dans l'urine ne diffère pas sensiblement, on peut conclure des résultats ci-dessus énoncés que l'alcool ingéré au taux de 50 cm³ de la solution à 40 °/₀ se retrouve dans le sang en quantité appréciable, sinon considérable, durant 6 à 8 heures. C'est dire que pendant ce temps la composition normale du sang se trouve altérée. C'est dire aussi que l'alcool diffère des substances alimentaires proprement dites en ce qu'il ne se transforme pas rapidement en substances de réserves, après qu'il a été absorbé, et que de ce fait il forme un groupe distinct parmi les substances que l'organisme peut utiliser pour sa consommation énergétique.

§ 6. — Géographie économique

La valeur économique de l'Alsace et de la Lorraine. I. *La population*[1]. — La superficie des deux provinces qui nous furent enlevées par le traité de Francfort représente 14.521 kilom. carrés, soit 2,7 °/₀ de notre territoire d'avant-guerre (536.460 km²) et à peu près autant de l'ancien territoire allemand (540.781 km²).

Au 1er décembre 1910, la population des deux provinces s'élevait à 1.874.014 habitants, dont 82.276 militaires, correspondant à une densité de 129 habitants par kilomètre carré (contre 106 en 1871). Dans les 3 divisions administratives, superficie et population se répartissaient comme suit :

	Superficie	Population	Densité
Basse Alsace	4.786 km²	700.938	147
Haute Alsace	3.507 —	517.865	146
Lorraine	6.228 —	655.211	105

Au lendemain de l'annexion, un exode commença à se produire vers les départements voisins restés français. La population de l'Alsace et de la Lorraine, qui s'élevait à 1.597.288 en 1866, tombait à 1.531.804 en 1876 et ne retrouvait son ancien chiffre que vers 1890; l'accroissement s'est surtout dessiné à partir de 1900, en même temps que l'essor industriel du pays, et c'est pour cette raison qu'il a été plus marqué en Lorraine, notamment par suite de l'immigration italienne et polonaise attirée par l'exploitation intensive du sous-sol. D'autre part, l'exode des Alsaciens et des Lorrains, que M. Vidal de la Blache estime à un demi-million, a été aussi en partie compensé par une immigration venue d'Allemagne. En 1910, le recensement indiquait 1.502.000 personnes ayant la nationalité d'Alsace-Lorraine, 295.436 Allemands et 76.386 étrangers. Parmi les Allemands, l'élément prussien dominait avec 174.468 personnes, et parmi les étrangers, on comptait 11.622 Français. La population allemande immigrée, formée en grande partie de militaires et de fonctionnaires, se groupait surtout dans les villes, et leurs banlieues et dans ce qu'on a appelé les « petites garnisons » (Saverne, Morhange, Dieuze, Sarrebourg, etc.); le tiers était concentré dans les quatre villes principales; en 1910, les Allemands formaient la moitié de la population totale de Metz, le tiers de celle de Strasbourg. Le pourcentage atteignait 10,1 en Basse Alsace, 6,1 en Haute Alsace, 19,8 en Lorraine.

La majorité de la population est rurale : sur 1.705 communes, 1.568 comptent moins de 2.000 habitants; 13 villes comptent de 10 à 20.000 habitants, et 4 seulement dépassent 20.000 (Strasbourg, 178.891; Mulhouse, 95.041; Metz, 68.598; Colmar, 43.808).

La grande majorité de la population est catholique (76,22 o/o), surtout en Haute Alsace (83,73 o/o) et en Lorraine (85,64); les protestants (13,03 o/o) sont principalement répandus en Basse Alsace (35,5 o/o); la proportion des israélites est de 1,62 o/o (Basse Alsace, 2,25; Haute Alsace, 1,48; Lorraine, 1,08).

Depuis 1872, le nombre des naissances a diminué progressivement, le pourcentage passant de 3,57, pendant la période 1872-1881, à 2,50 en 1912; dans le même espace de temps, le pourcentage des décès diminuait de 2,75 à 1,61, de telle sorte que l'excédent des naissances sur les décès n'a pas cessé d'augmenter, s'élevant dans la même période de 129,8 naissances pour 100 décès, à 155,3.

La comparaison des deux derniers recensements professionnels de 1895 et de 1907 montre que l'industrie et le commerce ont progressé plus rapidement que l'agriculture : entre ces deux dates, le pourcentage de la population agricole a passé de 37,96 à 31,2, celui de la catégorie industrielle, de 37,31 à 40,17, et celui du commerce et des transports, de 9,64 à 12,16. En 1907, les professions se répartissaient de la manière suivante dans les trois divisions administratives :

	Agriculture	Industrie	Commerce et Transports
Basse Alsace	35,71 o/o	34,68 o/o	13,44 o/o
Haute Alsace	27,96 —	47,01 —	10,82 —
Lorraine	28,96 —	40,55 —	11,86 —

Pierre Clerget[1],
Directeur de l'Ecole supérieure de Commerce de Lyon.

1. Ces statistiques sont extraites de l'*Annuaire statistique d'Alsace-Lorraine* (1913-1914), de l'*Annuaire statistique de l'Empire* (1913). Cf. *Bulletin de l'Office du travail*, nos 11-12, novembre 1918. — Paul Vidal de la Blache : *La France de l'Est*. 1 vol. in-8, A. Colin, 1917.

1. Dans une série de notes ultérieures, nous étudierons successivement : l'agriculture, les forêts et les mines, les industries et les chemins de fer d'Alsace-Lorraine.

L'AMÉNAGEMENT DU RHONE AU POINT DE VUE DE L'ÉNERGIE, DE LA NAVIGATION ET DES IRRIGATIONS

La Chambre des Députés a voté, le 17 octobre 1919, un projet de loi déposé par le Gouvernement, et relatif aux conditions — principalement financières — de l'aménagement intégral du Rhône, objet depuis si longtemps de discussions passionnées. On espérait que le Sénat pourrait, avant la fin de la session, rendre définitive cette loi qui doit déclancher la mise en train d'un programme de travaux publics dont on appréciera plus loin l'envergure : malheureusement, le temps a fait défaut, et ce sera le devoir de la législature actuelle de faire aboutir ce grand œuvre. Nous ne doutons pas que les intéressés, le Département de la Seine en tête, n'insistent pour démontrer au nouveau Parlement l'urgence d'un vote définitif.

Le moment est donc tout à fait opportun pour examiner l'ensemble de cette question si importante, et dont l'aboutissement aura une si puissante influence sur l'accroissement de notre patrimoine national.

I. — Le cours du Rhone

Il est à peine besoin de rappeler ici que, sortant du glacier du Rhône, dans le massif suisse de la Furka, à 1.750 mètres d'altitude, sous forme d'un torrent de quelques mètres de largeur, il recueille les eaux descendues de nombreux glaciers du Valais, notamment la Viège et la Dranse de Martigny, avant de s'épanouir dans ce magnifique bassin régulateur, de 582 kilomètres carrés, qu'est le Léman (altitude, 375 mètres). Après Genève, grossi de l'Arve, il prend de nouveau l'allure torrentueuse jusqu'aux environs de Culoz, puis, d'allure plus calme, élargi et dispersé en bras irréguliers, il arrive à Lyon, métropole de la « Gaule » romaine (altitude, 160 mètres), pour y marier ses eaux à celles de la Saône, et de là, par un cours constamment dirigé vers le midi, sur une longueur de 331 kilomètres, gagner la Méditerranée par Valence, Avignon, Arles et la Camargue qu'enserrent le Petit Rhône, d'un côté, et le grand Rhône, de l'autre ; ce dernier, le seul navigable, tombe dans le golfe de Fos, à proximité du port de Saint-Louis-du-Rhône.

Notons ici, pour y revenir plus tard, qu'un vaste canal, partant d'Arles et passant à Port-de-Bouc, puis traversant à Caronte le goulet de l'étang de Berre, doit établir une jonction directe entre le Rhône et Marseille, par Martigues, le grand tunnel du Rove, et l'Estaque : c'est le *canal de Marseille au Rhône*.

Ainsi, sur 540 kilomètres de parcours, presque entièrement français, entre Genève et la Méditerranée, descendant de 370 mètres environ, avec un débit qui varie, moyennement, entre 250 et 1.100 mètres cubes par seconde [1], le Rhône représente à la fois une voie navigable imposante, une source d'énergie permanente grandiose, une disponibilité immense en eaux d'irrigation. Cette triple richesse naturelle, la France a-t-elle su l'utiliser comme elle l'aurait dû ? Nous allons voir qu'il s'en faut de beaucoup.

Reconnaissons, d'ailleurs, que la puissance de l'industrie du XIXe siècle était seule suffisante pour s'attaquer, dans une large mesure, à un programme aussi ample, et à un fleuve aussi violent. La théorie des grands travaux d'art, et notamment des barrages, aussi bien que la puissance de l'outillage, n'étaient pas suffisantes, avant le second Empire, pour qu'on pût entreprendre, soit une correction, soit une régularisation complète, soit enfin une canalisation dérivée du fleuve, avec l'interposition d'usines, sur chaque bief, utilisant l'énergie des chutes ainsi créées. L'irrigation, plus aisée au point de vue technique, n'exigeant que des ouvrages assez simples et dont il existe, dans divers pays, des exemples déjà anciens, aurait pu être développée de longue date, si les intérêts de clocher et les jalousies locales n'avaient été, de tout temps, de malfaisants ferments qui tuent l'esprit d'initiative et stérilisent les efforts dont le champ d'activité doit s'étendre sur une assez vaste région, sous peine d'avortement.

La force motrice, avant la période industrielle de l'électricité (et nous avons peine à croire, tant ses progrès ont été surprenants, qu'elle ne date guère que de 1890), ne pouvait être utilisée que sur place, dans des conditions, par conséquent, pour lesquelles l'industrie lyonnaise, approvisionnée à bon compte des charbons de la Loire, n'était pas disposée à se transformer ; en aval de la banlieue de Lyon, le Rhône arrosait des plaines peu industrielles, où la question se posait moins encore.

La navigation, seule, fut l'objet de l'attention

1. C'est ce qu'on appelle les *débits semi-permanents* : 250 m³ à la frontière, 1.100 m³ à l'embouchure. Les débits d'étiage correspondants sont de 120 m³ et 500 m³ par seconde.

suivie des Pouvoirs publics, et donna lieu, au cours du siècle dernier, à d'importants travaux dans le lit du Rhône, travaux qui malheureusement n'ont pas procuré des avantages correspondant aux très fortes dépenses engagées.

Nous allons signaler brièvement ce qui s'est fait jusqu'ici, dans chacun des trois domaines précités : irrigations, navigation, force motrice, avant d'aborder le projet de loi actuel, qui détermine les directives générales des entreprises futures.

II. — Les irrigations

La question, tour à tour exhumée, puis réenterrée par les groupements agricoles, les députés et les bureaucrates, était restée à l'état léthargique jusqu'à la guerre. Nous n'avons qu'à citer les noms de divers promoteurs de dérivations : l'ingénieur des Ponts et Chaussées Dumont, dont le projet, déclaré d'utilité publique par une loi du 20 décembre 1879, n'aboutit pas plus que ceux de MM. Souleyre (1898), Hérisson (1899), Denèfle, qui servirent de tremplin, en 1906-1907, à de grandes discussions entre Méridionaux de tous les départements viticoles, susceptibles de bénéficier desdites dérivations. Tous ces projets assez sommaires, dont les auteurs sentaient plus ou moins nettement que la question agricole ne pouvait plus, à notre époque, se poser indépendamment des deux autres, et manifestaient déjà des velléités d'exploitation industrielle des excédents d'énergie à obtenir des ouvrages prévus, n'ont plus aujourd'hui qu'un intérêt rétrospectif.

Plus avisés, les viticulteurs de l'Hérault, vers 1885, réalisèrent une dérivation de cette rivière, connue sous le nom de canal de Gignac, qui irrigue 4.200 hectares sur une douzaine de communes, aux environs de Montpellier : cette heureuse initiative a donné, surtout au moment de la mévente des vins du Midi, les meilleurs résultats, en favorisant la culture des fourrages et des racines nécessaires au bétail.

III. — La navigation

§ 1. — La navigation sur le Rhône moyen

La navigation sur le Rhône a été très active, malgré la force du courant, dans la section en aval de Lyon, et surtout entre Lyon et Arles, pendant la première moitié du XIXe siècle. Les péniches étaient remorquées par des attelages de chevaux, et bon nombre d'entre elles passaient du Rhône sur la Saône, puis sur le canal de Bourgogne, et gagnaient la Seine, descendaient jusqu'à Paris, Rouen et le Havre, à moins qu'elles ne fussent dirigées vers l'Alsace par le canal du Rhône au Rhin.

Malgré la concurrence des premiers chemins de fer, la batellerie tint le coup, tant bien que mal, grâce à des remorqueurs à vapeur, dont le meilleur type fut celui des « remorqueurs à grappins », capables de traîner, à la remonte, un convoi de chalands chargés.

Les conditions de navigabilité du Rhône étaient, en effet, à cette époque, fort dures. Si, d'Arles à Pont-Saint-Esprit, la pente moyenne kilométrique n'est que de 0 m. 45, elle monte à 0 m. 76 entre cette localité et Tournon ; elle retombe à 0 m. 48 entre Tournon et Lyon. Dans la section de Pont-Saint-Esprit à Tournon, on trouve de véritables petits rapides où la vitesse atteint 4 mètres par seconde. D'autre part, le tirant d'eau était assez faible, en bien des points, mais les travaux de correction entrepris par le Service des Ponts et Chaussées, depuis 1880, ont amélioré notablement cet état de choses. Nulle part maintenant le tirant d'eau n'est inférieur à 1 m. 30, ni la largeur du chenal inférieure à 50 mètres, même en basses eaux.

La méthode de régularisation adoptée en 1883 par l'ingénieur en chef des Ponts et Chaussées Girardon, dont les travaux et ceux de ses successeurs ont été longuement analysés par M. l'ingénieur en chef Armand, dans les *Annales des Ponts et Chaussées* (1911, n° VI), a pour principe l'adaptation aussi souple que possible aux conditions naturelles du fleuve, dont on s'attache à respecter les volontés, tout en refrénant ses caprices. On n'a prétendu, ni uniformiser les pentes, ni obtenir un profil en travers régulier, mais simplement obtenir la continuité des tracés, des « épis » noyés ou dénoyés, et de leurs raccordements avec les berges, grâce à la continuité des vues et à l'exécution des travaux conçus d'ensemble et réalisés avec aussi peu de délai que possible, dans une grande section du cours d'eau.

On estime qu'aujourd'hui le tirant d'eau de 1 m. 30 est assuré pendant toute l'année, à une semaine près ; celui de 2 mètres l'est pendant neuf mois. La diversité des affluents, dont ceux qui viennent des Alpes sont alimentés par la fonte des neiges, donc en été, et ceux qui viennent du Massif central sont alimentés par les eaux de pluies, surtout en hiver, favorise la régularité relative du débit, à laquelle concourt, d'autre part, l'immense réservoir du Léman, dont le niveau ne varie que dans des limites restreintes, et dont l'efficacité comme régulateur de débit est cependant remarquable, grâce à son étendue.

La batellerie utilisait jadis des vapeurs à roues, longs et étroits (150 m. sur 7 m., par exemple), à tirant d'eau de 1 m. 40; ils portaient de 400 à 700 tonnes. Plus tard, on revint aux chalands, de préférence en fer, de 60 mètres sur 8, portant 400 tonnes au maximum, et remorqués par des vapeurs.

Les remorqueurs dits à grappins furent particulièrement utilisés pendant de longues années. La « Compagnie des grappins » avait fait construire ces bateaux qui, pourvus de roues à aubes, du genre bien connu, portaient en outre une roue dentée de grandes dimensions, le *grappin*, montée sur un bras articulé, et commandée à volonté par la machine. Aux passages difficiles, l'équipage embrayait le grappin, et l'abaissait jusqu'à ce que ses dents vinssent mordre le fond du lit et propulser le convoi en additionnant à l'effort permanent des roues à aubes celui de halage dû au grappin.

Toutefois, quand la « Cie Lyonnaise de Navigation », qui avait absorbé les autres entreprises concurrentes, fusionna (en 1894) avec la « Cie Havre-Paris-Lyon », et devint l'importante société actuelle qui a pour raison sociale « Cie générale de Navigation Havre-Paris-Lyon-Marseille », cette Compagnie abandonna peu à peu les grappins et organisa un service de touage entre Tournon et Pont-Saint-Esprit.

Chaque toueur est muni d'un tambour et d'un câble en acier d'une dizaine de kilomètres, dont un bout est ancré sur la berge, et sur lequel le toueur se hale, dans la section qu'il dessert, en remontant un convoi (ou au contraire, se laisse descendre en déroulant le câble du tambour). En amont et en aval de cette section, les chalands sont pris par des remorqueurs ordinaires, pourvus de machines de 1.000 chevaux.

Enfin, avant la guerre, trois cargos faisaient un service accéléré de marchandises dans la vallée du Rhône. D'autre part, le service entre Marseille et Saint-Louis du Rhône, tant que le canal de Marseille au Rhône n'est pas en service intégral, se fait sur la Méditerranée par des remorqueurs à hélice et des chalands de mer, appartenant à la même Compagnie.

On conçoit que toute cette organisation, d'ailleurs dispendieuse, avait une capacité de transport relativement réduite, surtout avec l'obligation de faire passer chaque train de chalands (et, en crues, chaque chaland chargé, séparément) par la série des huit toueurs échelonnés sur les 100 kilomètres de Tournon à Pont-Saint-Esprit.

En 1913, la Cie Lyonnaise de Navigation et de Remorquage, fondée avec l'appui de la ville de Lyon, mit en service cinq remorqueurs dont trois à roues et deux à hélices, d'un type nouveau, munis de machines de 1.000 chevaux; leurs dimensions sont réduites à 72 mètres sur 8 m. 50, et 1 m. 10 de tirant d'eau; un matériel de chalands de 600-650 tonnes leur était adjoint [1]. Chaque remorqueur assure en général la marche de trois ou quatre chalands chargés; cependant, sur la section des rapides, on divise le convoi en deux.

Ajoutons qu'en 1914, au moment de l'Exposition de Lyon, un bateau de tourisme fut mis en service de Lyon à Avignon, de façon à faciliter la visite de cette fort belle région, qu'on voit mal en wagon, bien que les deux lignes du P. L. M. suivent, mais pas toujours de près, le cours du fleuve.

§ 2. — La navigation sur le Bas-Rhône

La navigation sur le bas-Rhône n'a pas moins d'intérêt. Elle s'effectuait jusqu'ici par deux voies: d'abord, le trafic local et peu important du canal d'Arles à Bouc, ou Port-de-Bouc, sur la rive orientale du golfe de Fos, construit vers 1840 et prolongé jusqu'à Martigues, à l'entrée de l'étang de Berre; puis et surtout, le trafic Rhône-Marseille effectué par transbordement des chalands ou des bateaux porteurs du Rhône, dans des chalands de mer qui, prenant les marchandises du service fluvial à Port-Saint-Louis, les emmenaient à Marseille par le canal Saint-Louis et le golfe de Fos (l'embouchure du Grand-Rhône étant peu propice à la navigation, le canal Saint-Louis, très court, permet de l'éviter).

Le port de Saint-Louis du Rhône, créé vers 1872, a pris peu à peu de l'extension avant la guerre, et en a pris encore bien davantage pendant la guerre, malgré son outillage restreint.

Toutefois, il est incontestable que sa prospérité recevra une rude atteinte par le détournement du trafic Rhône-Marseille sur le canal d'Arles à Marseille, actuellement en voie d'achèvement.

Nous devons à l'importance future de cette nouvelle voie navigable, aussi bien qu'à l'intérêt exceptionnel de son principal ouvrage d'art, de lui consacrer une description assez étendue.

§ 3. — Le canal de Marseille au Rhône

Ce canal, dont le projet remonte à 1840, et souvent remanié depuis lors, comme bien on pense, fut enfin incorporé dans la loi de décembre 1903 sur l'amélioration de l'outillage national, et

1. Ces bateaux ont fait l'objet d'un article très documenté, et auquel nous avons emprunté divers renseignements, dans le *Génie civil* du 31 janvier 1914.

entrepris en 1904 par le Service des Ponts et Chaussées.

Il présente une longueur de 82 kilomètres entre Arles et l'extrémité ouest du port de Marseille (bassin du Président-Wilson, jadis dit « de la Madrague », et bassin Mirabeau, actuellement en cours d'exécution). Entre Arles et Port-de-Bouc, il empruntera le parcours de l'ancien canal de ce nom, dont nous avons déjà parlé ; entre Port-de-Bouc et Martigues, son chenal traverse l'étang de Caronte, débouché de celui de Berre dans le golfe de Fos ; enfin, entre Martigues, la « Venise provençale », et Marseille, il constitue une œuvre entièrement nouvelle, qui longe d'abord la rive sud des étangs de Berre et de Bolmon, puis traverse les collines de l'Estaque par un grand tunnel, celui du Rove, et débouche dans la rade de Marseille, où il suit la côte, le long de l'Estaque et de Mourepiane, jusqu'aux grands bassins du port.

Les dimensions types du canal sont 25 mètres de largeur et 2 m. 50 de mouillage. A Arles, l'écluse de jonction avec le Rhône, la seule qui existera sur tout le parcours, a 160 mètres de longueur et 16 mètres de largeur. Par ailleurs, entre Martigues et Port-de-Bouc, le tronçon du canal qui constitue le débouché de l'étang de Berre dans la mer, en traversant l'étang de Caronte, a 150 mètres de largeur et 7 mètres de profondeur. Cependant, il subit un étranglement à son croisement avec le grand viaduc du P.L.M., de la ligne de Miramas à l'Estaque[1], sous la travée tournante.

L'ouvrage intéressant du canal est le grand tunnel du Rove, situé un peu à l'ouest de celui de la Nerthe, qui donne passage à la ligne Lyon-Avignon-Marseille. Il n'a pas moins de 7.265 m. de longueur, sur 22 de largeur, et 14 de hauteur: gabarit de dimensions absolument inusitées, et très supérieures à celles de nos stations du Métropolitain parisien ; sa section courante de 300 mètres carrés représente le sextuple de celle d'un tunnel ordinaire de chemin de fer à double

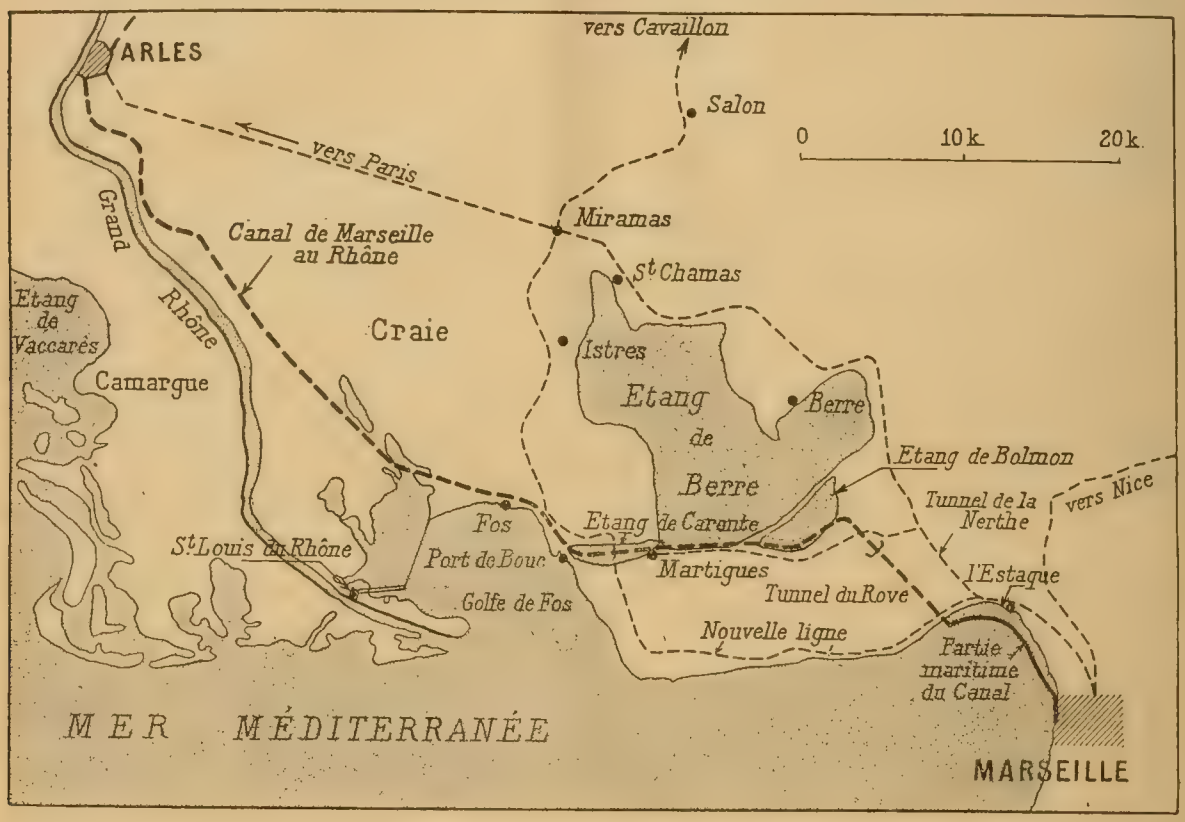


Fig. 1. — *Le canal de Marseille au Rhône.*

1. Ce serait sortir de notre sujet que de parler ici de cette ligne qui, inaugurée en 1915, dédouble entre Miramas et la banlieue de Marseille la grande ligne Paris-Lyon-Marseille-Nice, en complétant l'artère directe Paris-Moulins-Givors-le Teil-Avignon-Cavaillon-Miramas-Marseille. Toutefois, le canal de Port-de-Bouc à Martigues, incorporé aujourd'hui au canal de Marseille au Rhône, a nécessité l'établissement, dans le viaduc en poutres d'acier par lequel cette ligne traverse l'étang de Caronte, d'un remarquable pont tournant à travée pivotante. On peut ainsi laisser passer de l'étang de Berre à la Méditerranée des navires mâtés, d'un tonnage moyen. On trouvera une description détaillée de cet ouvrage dans les *Annales des Ponts et Chaussées* de 1915 (nos I à III) et dans le *Génie civil* du 25 mars 1916.

voie normale ! La profondeur d'eau est de 3 m., et de chaque côté de la cuvette, sont ménagées deux banquettes de halage reposant sur des voûtelettes.

Les travaux du canal d'Arles à Marseille ont été estimés, au moment de leur mise en train, à 98 millions... Espérons que l'addition finale ne dépassera pas trop ce total, déjà impressionnant.

A la question du canal de Marseille au Rhône se rattache tout naturellement celle des extensions du port de Marseille, à Caronte, à Bouc, et enfin dans l'étang de Berre, qui font actuellement l'objet des préoccupations de la Chambre de Commerce de Marseille.

La construction du bassin Mirabeau semble devoir clore l'allongement interminable du « nouveau port » de notre grand havre méditerranéen, comprenant la longue série des bassins de la Joliette, du Lazaret, d'Arenc, de la Gare, National, de la Pinède, de la Madrague (ou du Président Wilson), et enfin Mirabeau.

D'autre part, le projet, qui avait été mis en avant, d'un futur bassin aménagé en pleine rade, au sud de la Joliette, a paru d'exécution délicate, par des fonds de 20 à 25 mètres, dans une mer agitée; de plus, les voies ferrées d'accès aux quais de ce bassin auraient obstrué à la fois les quais des autres bassins et les passes qui les font communiquer.

Enfin l'extension du port vers l'Est, de l'autre côté du Vieux-Port, est peu pratique et conduirait fort loin de la zone active du trafic, concentrée entre le Vieux-Port et l'Estaque. L'avantage des communications avec le Rhône s'ajoutait encore à cette « attraction vers l'Ouest » qui, par un phénomène mal expliqué, assure la fortune progressive des quartiers occidentaux des grandes villes.

L'aménagement d'un port industriel, bordé de nouvelles usines aménagées à l'américaine, d'abord dans l'étang de Caronte, puis dans tout le sud de l'étang de Berre, cette superbe petite mer intérieure de 16.000 hectares, qui présente des fonds de 9 mètres sur une vaste étendue, ainsi que dans l'étang de Bolmon, qui en forme une sorte d'annexe dans sa partie sud-est, ne peut manquer d'avoir les plus heureuses conséquences pour la prospérité de la métropole provençale.

La Chambre de Commerce, qui n'a pas ménagé les sacrifices pour tous les travaux d'amélioration du port marseillais, notamment pour l'outillage, et qui n'a pas hésité à fournir à l'Etat une subvention de 17 millions pour assurer au grand tunnel du Rove le gabarit du passage de deux convois de bateaux se croisant à n'importe quel endroit, a été autorisée, l'année dernière, à appliquer aux établissements maritimes de Caronte et de Berre ses taxes de péage. D'autre part, le Service des Ponts et Chaussées a établi les projets d'aménagement de cette zone, sur les bases suivantes : amélioration du port de Bouc, par l'édification de 400 mètres supplémentaires de quais; élargissement à 50 mètres et approfondissement à 9 mètres du tronçon de canal entre Bouc et Martigues; construction de quais, de part et d'autre de ce canal, sur les rives de l'étang de Caronte, au moyen de remblayages; déploiement d'un faisceau de voies ferrées pour desservir cet ensemble. Il en résultera un agrandissement de 200 hectares de darses, 12 kilomètres de quais, 250 hectares de terre-pleins... au prix de 250 millions, dont 50 pour l'outillage. Une bonne part de ces travaux sera payée par la Chambre de Commerce, et les quais seront établis par les industriels intéressés à s'en servir. Du reste, la Compagnie de Saint-Gobain, les Etablissements Kuhlmann, la Société des Cuivres Grammont, les Huileries de Roubaix et d'Odessa, d'autres grosses Sociétés, y sont déjà installées ou en voie d'installation.

Enfin, on pourrait établir un port à minerais pourvu de vastes parcs de stockage et d'installations puissantes de manutention pour le déchargement des navires importateurs et le chargement des chalands destinés à transporter les marchandises : minerais, phosphates de Tunisie, etc., soit à Marseille, soit, par le Rhône, dans le nord de la France : ce serait d'autant plus indiqué que nous ne possédons encore aucun port outillé spécialement pour ces opérations, et capable de décharger un navire par jour.

Peu à peu, les aménagements de Caronte déborderont sur l'étang de Bolmon, puis sur l'étang de Berre proprement dit, le long duquel les possibilités d'extension sont presque illimitées.

Nous arrêterons ici ces développements sur l'aménagement du Rhône maritime, qui donnent un aperçu de ce que pourra devenir la navigation sur le Rhône entier, et, par son intermédiaire, avec la Saône, la Seine, le Rhin et les pays du Nord.

§ 4. — La navigation sur le Haut-Rhône

Nous nous bornerons ici à quelques indications sommaires, la question étant d'ordre international, et par conséquent sujette à des accords qui demandent toujours de longues années.

L'aménagement du Haut-Rhône, jusqu'à la frontière suisse, créera plusieurs biefs, dont celui de Génissiat, imposant par l'ampleur et la profondeur de la nappe d'eau que retiendra ce grand barrage dont nous parlerons plus en détail au chapitre suivant. Il s'agirait ensuite de faire compléter par la Suisse, sur le court trajet de la frontière à Genève, les dispositions facilitant la navigabilité, de façon à obtenir une voie fluviale directe Léman-Méditerranée, de nature à établir un grand courant d'importations en Suisse que le réseau P.-L.-M. assurerait difficilement, et à desservir la Suisse romande par un « port suisse » qui serait aménagé, soit à Cette, soit à l'embouchure du Rhône. On lutterait ainsi contre la concurrence du transit italo-suisse par Gênes et du transit germano-suisse par le Rhin et par les chemins de fer badois aboutissant à Bâle, dans une gare qui leur appartient en propre.

Des visées plus étendues encore ont été l'objet de projets sérieux : la jonction du Rhône au Rhin par le Léman, par un canal dit d'Entre-roches, à créer entre ce lac et celui de Neuchâtel, qui lui-même communique avec celui de Bienne, et de là, par l'Aar (aménagée), avec le Rhin dans lequel elle se jette près de Waldshut. Par ailleurs, on a préconisé la construction d'un canal de jonction Danube-Rhin, par le lac de Constance, de sorte que les transports fluviaux pourraient se faire, sans rompre charge, entre l'embouchure du Rhône ou celle du Rhin, d'une part, et celle du Danube de l'autre, ce qui ne manquerait pas d'envergure.

IV. — La force motrice : les usines hydro-électriques

§ 1. — Les anciens projets d'aménagement du Haut-Rhône

Sans remonter au déluge, nous trouvons dans l'histoire du Haut-Rhône, c'est-à-dire en amont de Lyon, deux installations seulement, qui fonctionnent encore aujourd'hui, et qui sont, d'ailleurs, les deux seules usines marquantes empruntant l'énergie du Rhône . il s'agit de l'usine déjà ancienne de Bellegarde (11.000 chevaux), appartenant à la « Société des Forces hydrauliques du Rhône », et de l'usine plus récente

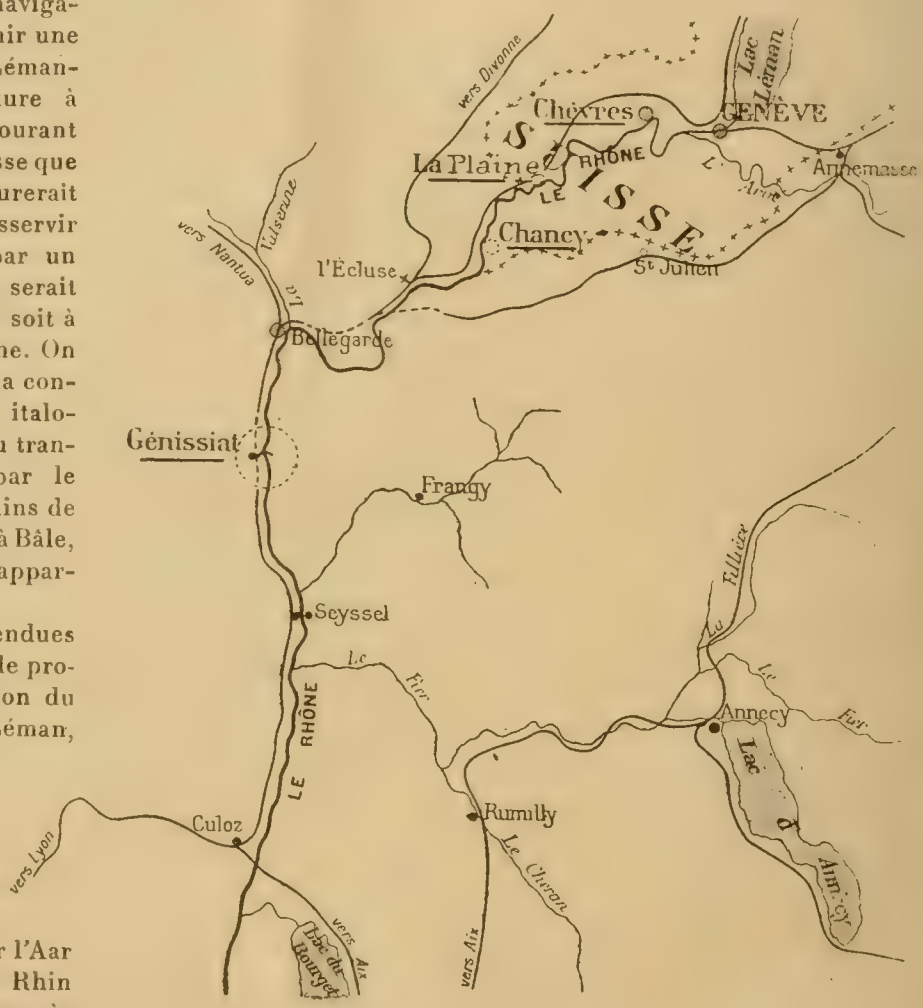


Fig. 2. — *Schéma du cours du Rhône entre Genève et Culoz.*

de Jonage, tout près de Lyon (20.000 chevaux), appartenant à la « Société Lyonnaise des Forces motrices du Rhône ».

L'usine de Bellegarde, installée au confluent du Rhône et de la Valserine, en 1872, fut citée jadis pour sa distribution de force motrice, dans un rayon de quelques centaines de mètres seulement, par câbles métalliques sans fin, dits « télédynamiques », portés par des poulies de grand diamètre. Depuis longtemps, il va sans dire que des alternateurs, des câbles électriques et des électromoteurs ont remplacé cette installation de faible rendement et d'entretien onéreux.

L'usine électrique de Jonage, entreprise de plus vaste envergure, concédée par une loi de 1892 et inaugurée en 1899, est alimentée par un canal de dérivation d'une vingtaine de kilomètres, qui détermine une retenue de 8 à 12 mètres, en charge sur les turbines de l'usine-barrage. Au bout de celle-ci, une écluse a été ménagée pour assurer la navigabilité dans le canal de Jonage.

C'est seulement en 1902 qu'a pris corps l'idée, de beaucoup plus grande portée, de créer sur le Haut-Rhône une énorme usine-barrage à grande chute, susceptible de fournir 250.000 kilowatts, et de les distribuer à grande distance, principalement dans la région parisienne, éloignée de 400 kilomètres. Dès cette époque, on pouvait envisager sans témérité un transport d'énergie à cette distance et à 100.000 volts; aujourd'hui, les progrès de l'Electrotechnique font que cette distance n'a plus rien de préoccupant, et qu'une tension de 200.000 volts, peut-être même davantage, procurera un rendement encore bien meilleur.

De 1902 à 1906, MM. Blondel, Harlé et Mähl étudièrent divers avant-projets d'usines, dont le dernier, qui fut l'objet de nombreux articles dans la presse technique, comportait une grande usine-barrage à Génissiat, avec retenue de 70 mètres environ. La salle des machines devait comporter 24 turbines de 15.000 chevaux, actionnant des alternateurs triphasés, soit une puissance totale disponible de 360.000 chevaux, ou, en chiffre rond, 250.000 kilowatts.

L'ensemble des ouvrages devait être établi dans la partie étroite de la vallée du Rhône, barrée à Génissiat (soit à 40 kilomètres en aval de Genève) par un mur en béton de ciment de 100 mètres environ de hauteur, à partir des fondations. Le lac ainsi obtenu formerait une retenue s'étendant jusqu'à Bellegarde, à la cote (332 m.), alors que la cote du Léman est de (372 m.). Un canal latéral au barrage, de 60 mètres de largeur sur 10 mètres de profondeur, ferait suite au lac de retenue, et s'étendrait à flanc de coteau sur la rive droite du Rhône, formant chambre d'eau pour les conduites forcées, et se prolongeant par un ascenseur à bateaux.

L'usine proprement dite, logée au fond de la vallée, immédiatement au pied du barrage, mais parallèlement au lit du fleuve, n'aurait pas de canal de fuite : les eaux s'écouleraient immédiatement dans le Rhône, au sortir des turbines.

Le barrage constitue, dans ce projet, le point essentiel et délicat, sur lequel on a énormément discuté. Il représente un volume de près de 450.000 mètres cubes de maçonnerie, mais son importance et sa hauteur ne sont déjà plus, aujourd'hui, de nature à effrayer nos ingénieurs : les Etats-Unis en offrent déjà des exemples au moins équivalents, notamment le fameux barrage du Croton, qui alimente New-York en eau potable. Tout dépend, bien entendu, de la méthode et du soin apportés à la construction, et aussi de la sécurité offerte par les rochers encaissants, tant au point de vue de la solidité que de l'étanchéité. Nos plus éminents géologues, après avoir doctement tâté le terrain, ont finalement opiné qu'on pouvait s'appuyer sur les rochers de Génissiat avec une pleine confiance. Il est permis d'espérer que la science, cette fois, n'aura pas fait d'erreurs du genre de celle qui amena un si grave accident dans le tunnel suisse du Loetschberg[1], pendant son percement.

Dès 1903, les auteurs de l'avant-projet avaient lancé une double demande de concession que l'Etat laissa dormir dans les cartons du Ministère des Travaux publics : l'une pour l'usine et ses annexes, l'autre pour le transport d'énergie Génissiat-Paris. En 1906, la Ville de Paris, qui s'intéressait à la question, en raison du proche renouvellement de la concession de la distribution urbaine d'électricité (aujourd'hui assurée par la « Cie Parisienne de Distribution d'Electricité »), fit étudier l'affaire par ses services techniques, et, bien qu'on ne pût envisager sa réalisation à bref délai, une Commission nommée par le Préfet de la Seine, dite Commission de la Houille blanche, fut chargée de l'approfondir. C'est en 1908 seulement qu'elle déposa son rapport, favorable à la fois au point de vue technique et au point de vue financier.

Mais, entre temps, d'autres projets, également remaniés à diverses époques, depuis 1890 jusqu'en 1901, et émanant de la Société des Forces hydrauliques du Rhône (Bellegarde), conjointement avec la Société des Forces hydrauliques de Malpertuis, société nouvelle qui projetait une usine en aval de celle de Bellegarde et fonctionnant plus ou moins solidairement avec elle, étaient, eux aussi, l'objet de demandes en concession. Une fâcheuse rivalité s'éleva entre les deux groupes de demandeurs. Malpertuis est situé à quelques kilomètres en amont de Génissiat, dans une partie également encaissée de la vallée du Rhône. Le barrage devait avoir environ 40 mètres de hauteur, et ne créer de retenue qu'à la cote (302 m.), qui est le niveau de fuite des eaux de l'usine de Bellegarde ; le barrage de

1. Sur le *Chemin de fer électrique des Alpes bernoises*, qui a fait l'objet d'un article dans la *Revue* du 5 août 1913, p. 570.

Bellegarde aurait été analogue, et aurait créé une retenue à la cote (332 m.), comme celui de Génissiat : il s'agissait donc de créer, en deux paliers et divisée entre deux usines, la même puissance globale que devait donner l'usine de Génissiat. On discuta longuement sur les mérites et les prix de revient respectifs de deux petites usines et de deux petits barrages, ou d'un grand barrage et d'une grande usine, sur les robustesses comparées des parois rocheuses de Malpertuis et de Génissiat..., les années s'écoulèrent, et les dossiers attendirent, rivaux impuissants à faire pencher la balance d'un côté ou de l'autre, par une bureaucratie que rien ne semblait presser de conclure.

La guerre survint, la disette de charbon suivit. On s'avisa que les 250.000 kilowatts qui se perdaient, d'un bout à l'autre de l'année, entre la frontière et Génissiat, sans parler des autres chutes susceptibles d'aménagement, auraient été les bienvenus dans nos usines, et on fit enfin de tardifs efforts pour assurer au moins le régime d'après-guerre. En 1917, la Ville de Paris reprenait l'étude des deux projets, se prononçait pour celui de Génissiat et appuyait la demande de concession qui devait lui assurer, chaque année, 900 millions de kilowatts-heure. Aussitôt, l'opposition locale se dressait contre elle, et les parlementaires des départements riverains du Rhône se groupaient pour réclamer l'aménagement intégral du Rhône par l'Etat, au triple point de vue de la force motrice, de l'irrigation et de la navigation. C'était, encore une fois, l'ajournement à une date indéterminée, au risque d'étouffer la réalisation sous l'immensité du programme annoncé.

Les années 1918 et une partie de 1919 furent employées à vaincre ces difficultés inattendues, dans une série de Congrès (Lyon, Marseille, Paris, Chalon-sur-Saône, et enfin Grenoble). C'est à Grenoble, le 1er juin 1919, que fut enfin scellé l'accord général entre tous les groupements intéressés, sous la tutelle du Ministère des Travaux publics, désormais grand dictateur de l'entreprise. Nous n'insisterons pas sur les vœux, motions et délibérations par lesquelles ce Congrès a clos sa session, puisqu'elles sont la base de la loi que nous allons maintenant examiner.

§ 2. — La loi sur l'aménagement intégral du Rhône

Le Gouvernement, se basant sur les idées émises aux précédents Congrès, et sur les travaux du « Comité d'Etudes du Rhône », émanation du Comité supérieur des Travaux publics, déposa le 9 août 1919 un projet de loi d'après lequel les travaux d'aménagement du fleuve, divisé en six grandes sections, seraient concédés, soit séparément, soit, de préférence, à un concessionnaire unique qu'on désigne officieusement, par anticipation, sous le nom de « Compagnie nationale du Rhône », et qui aurait pour actionnaires, au moins en majeure partie, les collectivités ou établissements publics intéressés : par exemple la Ville de Paris, à laquelle son option de 200.000 kilowatts sur les premières usines à construire a été conservée en premier lieu, puis les Départements, les Municipalités, les Chambres de Commerce, les industries régionales, etc. L'Etat interviendrait par d'importantes avances remboursables peu à peu, avant la fin de la concession, fixée à 75 ans.

La Chambre des Députés a voté, le 17 octobre, le texte dont nous donnons ici les parties essentielles :

Article premier. — L'aménagement du Rhône entre la frontière suisse et la mer sera réalisé au triple point de vue de l'utilisation de la puissance hydraulique, de la navigation, de l'irrigation et des autres emplois agricoles.

En vue de cet aménagement, le fleuve est divisé en six sections comprises :

La première, entre la frontière suisse et le canal de Savières ;

La deuxième, entre le canal de Savières et l'embouchure de la Saône, moins la traversée de Lyon ;

La troisième, dans la traversée de Lyon ;

La quatrième, entre le confluent de la Saône et de l'Isère ;

La cinquième, entre le confluent de l'Isère et du Gardon ;

La sixième, entre le confluent du Gardon et la mer.

Art. 2. — L'ensemble des travaux à effectuer pour l'aménagement du Rhône fera l'objet d'une concession unique consentie à l'ensemble des collectivités. En cas d'impossibilité, on procédera par concessions séparées, chacune d'elles portant au moins sur une section entière.

La concession unique sera accordée par un décret délibéré en Conseil d'État et rendu sur la proposition des Ministres des Travaux publics, des Finances et de l'Agriculture. En cas de concessions séparées, ces dernières seront accordées par une loi.

La durée de ces concessions est fixée à 75 ans. Le programme des opérations comprendra :

1° L'aménagement du fleuve, en vue de l'utilisation de sa puissance hydraulique et l'exécution simultanée d'une voie navigable à réaliser progressivement sur toute son étendue ;

2° L'amélioration et, au besoin, la création de ports fluviaux correspondants, avec, quand il y aura lieu, leurs raccordements aux voies ferrées d'intérêt général et local ;

3° La délimitation des périmètres irrigables, la fixation des quantités d'eau et d'énergie nécessaires pour les desservir, la détermination des points de prise et la construction des canaux primaires d'amenée des eaux et des stations de pompage ;

4° L'évaluation des réserves d'énergie à prévoir pour les utilisations autres que les irrigations ;

5° La construction des collecteurs de courant électrique assurant la liaison de toutes les usines génératrices

entre elles et la jonction entre le réseau ainsi constitué et Paris.

Art. 3. — Les dépenses totales pour la réalisation des travaux définis à l'article 2 ci-dessus seront couvertes au moyen d'actions et d'obligations, le montant du capital-obligations autorisé ne pouvant à aucun moment dépasser les neuf dixièmes des capitaux versés.

Le capital-actions entièrement souscrit sera couvert par les collectivités ou établissements publics intéressés, les industries régionales ou les particuliers. Le capital-obligations sera constitué par des obligations qui devront être amorties en cinquante années au maximum, à partir du 1er janvier qui suivra la fin des travaux que le service d'obligations considérées aura payés.

L'État garantit l'intérêt et l'amortissement du capital-obligations dans les conditions suivantes :

Le capital-actions, pour toute section dont l'exploitation normale sera commencée depuis un an, ne recevra aucune rémunération pour les années où la garantie accordée par l'État aux obligations aura fonctionné.

Lorsque la garantie de l'État n'aura pas joué pour les obligations, les actions auront droit à un premier dividende qui sera, au maximum, l'intérêt augmenté de deux points résultant du cours moyen de la rente 5 % perpétuelle, durant l'exercice considéré.

Les superbénéfices sont constitués par les excédents d'exploitation qui subsisteraient après le prélèvement de l'intérêt et de l'annuité d'amortissement des obligations, et de l'intérêt des actions déterminé comme il est dit au paragraphe 5.

Les superbénéfices seront attribués, dans une proportion de 20 % au capital-actions, et de 80 % au remboursement sans intérêts des sommes que l'État aura versées pour la garantie d'intérêts du capital-obligations, à quelque titre que ce soit.

Après remboursement total de la dette de garantie, les superbénéfices seront partagés par moitié entre l'État et la ou les sociétés concessionnaires.

L'Etat accordera des subventions en capital appliquées aux travaux de construction des canaux primaires d'irrigation ou des stations de pompage. Ces subventions seront des neuf dixièmes de la valeur des ouvrages.

Art. 4. — Les départements, les communes et toutes autres collectivités ou établissements publics autorisés à cet effet par décret délibéré en Conseil d'État peuvent être admis, soit groupés, soit isolément, comme concessionnaires ou comme participants dans les sociétés constituées, en vertu des actes de concession.

Les services concédés ou industriels consommateurs d'énergie électrique ou d'eau peuvent être admis à faire partie de la ou des sociétés.

La représentation de chacun dans les Conseils d'administration et les conditions de sa participation aux charges et bénéfices de la ou des sociétés seront déterminées par les statuts de ces dernières.

Art. 5. — La société unique devra être constituée, trois années au plus après la date de la promulgation de la présente loi; passé ce délai, l'État pourra concéder séparément les diverses sections.

. . . . . .

Art. 6. — L'ensemble des travaux de l'aménagement général du Rhône ou de chaque section fera l'objet, après l'accomplissement des formalités réglementaires, d'un ou de plusieurs décrets, délibérés en Conseil d'État et déclarant leur utilité publique.

Art. 7. — Pendant un délai à partir de la déclaration d'utilité publique des travaux d'une section, qui ne saurait dépasser les deux tiers du temps fixé par le cahier des charges pour la mise en service de la première usine à construire, il sera réservé aux usagers de la zone riveraine, définie à l'article 8, une option à réaliser dans cette usine.

Pour pouvoir utiliser ce droit d'option, les intéressés devront être en mesure de consommer effectivement la puissance demandée dans le délai d'un an à partir de l'époque où elle pourra leur être livrée à la sortie de l'usine génératrice.

Passé ce délai, les usagers de la zone riveraine ne pourront exercer l'option qui leur est réservée sur la puissance de la dite usine que jusqu'à concurrence du quart de la puissance en eaux moyennes restant disponible.

D'autre part, et par dérogation aux stipulations des trois premiers paragraphes du présent article, dans le cas où le Département de la Seine aurait conclu un accord avec les collectivités riveraines du Rhône, il aura option sur les forces électriques aménagées jusqu'à concurrence de 200.000 kilowatts sans que cette option puisse porter sur plus des trois quarts de la force de chaque usine, compte tenu des suppressions ou des diminutions de puissance résultant du nouvel aménagement, lesquelles doivent être compensées intégralement avant tout prélèvement.

Art. 8. — La zone riveraine dans laquelle les intéressés pourront exercer l'option définie à l'article 7 est limitée aux départements riverains du fleuve.

En aucun cas, l'énergie provenant des usines établies sur le Rhône ne pourra être transportée en dehors du territoire français sans une autorisation spéciale donnée par une loi.

Ordre d'exécution des travaux

N° d'ordre des divisions	Travaux	Durée des travaux	Dépenses en millions totales	Dépenses annuelles
	Première section			
1	Génissiat	6 ans	300	50
2	Brens-Peyrieux	3 ans	90	32
3	Port de Lyon	4 ans	110	28
4	Donzère-Mondragon	4 ans	170	45
5	Ligne de transport sur Paris	3 ans	100	34
6	Ligne de transport : frontière à la mer	3 ans	100	34
7	Agriculture	3 ans	50	17
			920	240
	Deuxième section			
8	Le Sault à Villette-d'Anthon	4 ans	130	35
9	Valence à la Voulte	4 ans	115	29
10	Meysse-Viviers	4 ans	105	28
11	Agriculture	4 ans	50	15
			400	107
	Troisième section			
12	Boursin au canal de Savières	4 ans	70	18
13	Trémurs à Groslée	4 ans	80	20
14	Condrieu-Saint-Rambert	4 ans	105	23
15	Agriculture	4 ans	50	15
			305	76
	Quatrième section			
16	Eilloux	3 ans	30	10
17	Le Pouzin-Logis-Neuf	3 ans	70	25
18	Tain-la Roche-de-Glun	3 ans	60	20
19	Agriculture	3 ans	50	17
			210	72
	Cinquième section			
20	Irigny-Ternay	3 ans	55	19
21	Loire-Sainte-Colombe	3 ans	45	15
22	Codolet-Sorgues	4 ans	120	30
23	Agriculture	3 ans	50	17
			270	81
	Sixième section			
24	Andance-Saint-Vallier	3 ans	50	17
25	Serves-Tournon	3 ans	55	19
26	Les Angles-Comps	4 ans	85	22
27	Agriculture	3 ans	50	17
			240	75

Art. 9. — Les travaux seront conduits de telle sorte que l'aménagement de la force hydraulique, l'établissement de la voie navigable et la construction des canaux primaires d'irrigation et des stations de pompage soient toujours menés parallèlement dans les parties correspondantes du fleuve.

Art. 10. — Par dérogation à l'article 9, les travaux d'ouverture de la voie navigable du Rhône entre Seyssel et la frontière suisse ne seront achevés qu'après qu'un accord aura été conclu avec le Gouvernement helvétique concernant l'amélioration de la capacité d'emmagasinement du lac Léman. Cette restriction ne fait pas obstacle à l'aménagement de cette même section au point de vue de l'utilisation des forces hydrauliques.

Pour compléter ce document, nous donnons ici (page 277) le tableau donné par l'Administration comme programme d'exécution des travaux, aussi bien d'ordre agricole que d'ordre industriel.

§ 3. — L'aménagement intégral du Rhône envisagé au point de vue technique

Comme on vient de s'en rendre compte, la loi ne définit que les très grandes lignes de l'aménagement du Rhône, et envisage presque exclusivement les modalités d'ordre administratif et financier de cette vaste opération. Elle ne nous apprendrait donc à peu près rien, au point de vue technique. Heureusement, les projets de l'Administration ont été exposés, au Congrès de Grenoble, dans un important Rapport de M. Armand, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, chargé du Service de la navigation du Rhône et de la Saône. Nous empruntons à un compte rendu de ce Congrès, publié dans le *Génie Civil* du 14 juin 1919, le résumé des parties essentielles de ce rapport.

Irrigation. — En empruntant 80 mètres cubes au Rhône et 10 aux dérivations, 32.000 kilowatts permanents aux usines hydro-électriques, on irriguerait 75.000 hectares et on en assainirait à peu près autant.

Les principaux travaux à envisager sont : l'abaissement artificiel à la cote — 0 m. 50 de l'étang de Valcarès, l'irrigation de la Camargue (38.000 hectares) et celle de la Crau (13.120 hectares), l'amélioration de la culture au nord de Tarascon, l'arrosage des basses plaines du Gard, de Nîmes, d'Aramon, l'arrosage rationnel des départements du Gard, de l'Ardèche, de Vaucluse, de la Drôme, de l'Isère, du Rhône et de l'Ain.

En tenant compte des rendements des stations de pompage, il faudrait pouvoir abaisser le prix du kilowatt-heure à 0 fr. 0006, pour fournir à 1 fr.20 le débit d'un litre d'eau par seconde et par hectare, quantité nécessaire à une bonne irrigation.

Par ailleurs, il y aurait intérêt à utiliser sur

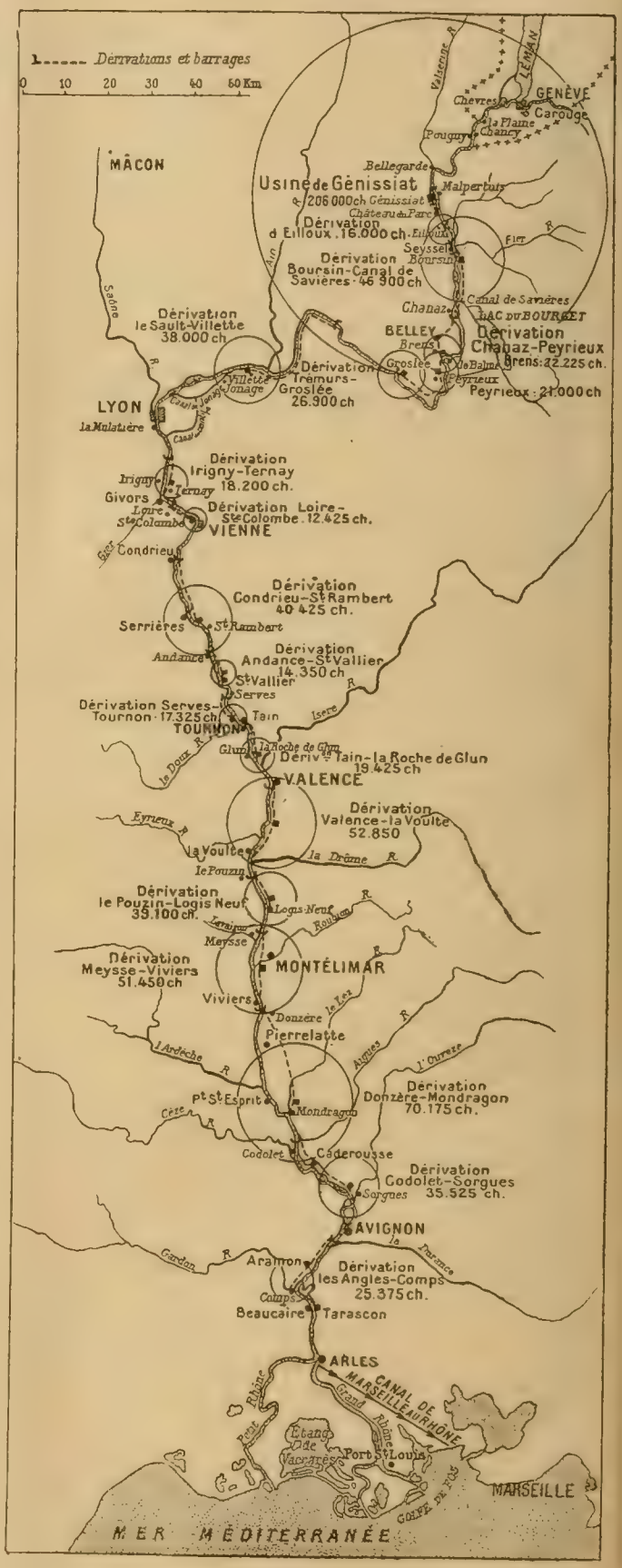


Fig. 3. — *Projet d'aménagement intégral du Rhône.*

place de l'énergie pour la fabrication des engrais utiles à l'agriculture.

Navigation. — La navigation sur le Haut-Rhône, aujourd'hui pratiquement minime de Lyon à Seyssel, et strictement impossible en amont de Seyssel, est réservée jusqu'à accord avec la Suisse pour l'amélioration du Léman comme régulateur de débit du Rhône (il serait facile, en effet, en admettant une retenue supplémentaire de quelques centimètres seulement sur ce lac, d'y emmagasiner, grâce à son étendue de 580 kilomètres carrés, un supplément d'eau considérable, apportant un élément important de régularisation au débit du Rhône dans sa partie française).

De Lyon à Arles, nous avons vu que la navigation est assez difficile; l'aménagement nouveau doit avant tout respecter la navigation existante et en permettre la continuation, non seulement pendant qu'il sera réalisé, mais même après, tant que les appareils aujourd'hui en usage resteront en service. Il faut donc que les nouveaux ouvrages permettent le passage des barques et des remorqueurs, et même la navigation en convoi, seule capable de transporter à bas prix dans les conditions actuelles.

Il paraît, d'un autre côté, certain que la nouvelle voie ne peut présenter sur celle d'aujourd'hui des avantages sérieux qu'à la condition qu'on y organise la traction électrique et que celle-ci soit alimentée à très bas prix par les usines de captation de force.

Même dans ces conditions, on ne peut espérer un développement de la navigation et un abaissement de ses prix de revient que par une transformation et une amélioration considérable des ports, et surtout des ports terminus de Saint-Louis et de Lyon; cet aménagement peut avoir une influence tellement prépondérante qu'il devrait être inscrit en tête du programme des travaux.

D'Arles à Marseille, la question est déjà résolue en principe, comme nous l'avons dit plus haut, par le canal de Marseille au Rhône.

Force motrice. — Le projet de l'Administration comporte l'établissement de plusieurs dérivations, alimentant chacune une usine hydro-électrique, entre la frontière suisse et Lyon, d'une part, entre Lyon et Tarascon, d'autre part.

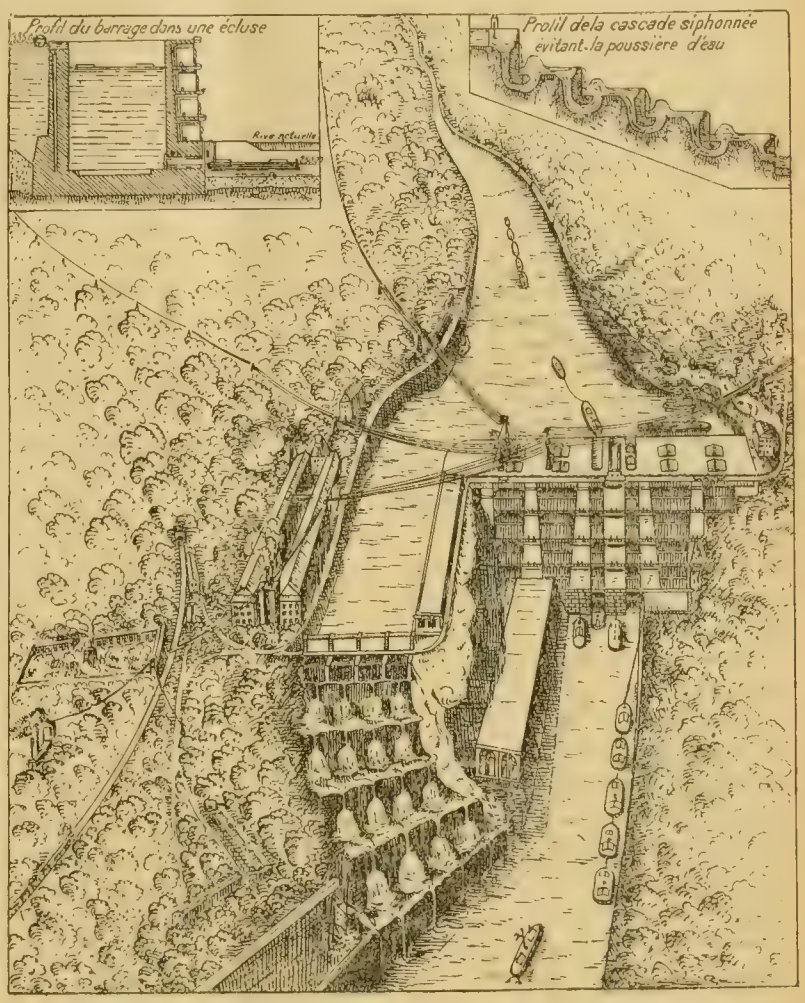


Fig. 4. — *Projet Mähl pour le barrage du Rhône à Génissiat.*

Celle de Génissiat vient en tête, d'abord par sa position, ensuite par sa puissance de 200.000 chevaux; il y en aurait cinq autres beaucoup plus petites, jusqu'à Jonage, qui reste en dehors du programme, puisque cette concession est autonome.

Lyon serait contourné par un « canal de ceinture » de 12 kilomètres, dérivé sur celui de Jonage, et ensuite viendraient 12 dérivations avec usines, étagées de Ternay (près Givors) jusqu'à Comps (près Tarascon).

La principale (70.000 chevaux) serait à Mondragon, près Pont-Saint-Esprit, en amont d'Avignon.

Ce projet administratif, dit projet Armand, a suscité de la part de M. Mähl, l'un des auteurs du projet de l'usine de Génissiat, quelques critiques qu'il a exposées dans le *Génie Civil* du 23 août dernier, et que nous résumons ci-dessous.

« Le projet de l'Administration, dit-il, prévoit l'utilisation presque entière de la force motrice du fleuve à l'amont de Lyon, mais n'utilise à l'aval que 35 % de l'énergie du fleuve, ainsi qu'en convient le rapport de la Commission. Il en résulte que, non seulement, dans ce cas, la force motrice à produire est impuissante à gager l'énorme dépense à envisager pour réaliser en même temps la voie navigable, mais que la puissance à installer conduirait à un prix de revient inadmissible au point de vue économique. La Commission estime d'ailleurs qu'au point de vue de la navigation, les frais à envisager sont hors de proportion avec l'avantage à en tirer, et qu'on peut tout au plus porter à son compte la dépense correspondant à la création d'un halage électrique.

« La situation serait très différente avec le projet de l'aménagement par barrages successifs dont nous nous sommes fait le champion depuis quinze ans. La force motrice, même entièrement aménagée, est alors susceptible d'endosser la dépense relative à la navigation, ou de la réduire à des proportions acceptables. »

Dans ce système, le lit du fleuve serait divisé en biefs étagés, par une succession de barrages munis de vannes levantes du type Stoney, aujourd'hui classique ; à côté de chaque barrage, seraient édifiés : à un bout, l'usine électrique faisant avec l'axe du fleuve un angle assez aigu, tandis que, à l'autre bout, une écluse à deux sas parallèles permettrait le passage des convois de bateaux dans les deux sens, simultanément. L'eau accumulée en avant du barrage permettrait en même temps de réaliser économiquement l'irrigation sur les deux rives à l'aval.

Le lit actuel aura ses rives mieux délimitées et surmontées de digues permettant, non seulement, par leur hauteur croissant vers l'aval de chaque bief, de réaliser une retenue déterminée, mais aussi d'encaisser l'écoulement des crues les plus importantes qu'on ait connues à ce jour, et que des vannes largement suffisantes doivent laisser écouler librement, en temps utile.

On n'inondera donc pas, ainsi que certains le craignent, de vastes surfaces de territoire avec les retenues ; on en protégera, au contraire, d'immenses contre les inondations calamiteuses.

Enfin, M. Mähl propose de porter la chute de Génissiat à 85 mètres, au lieu de 72 mètres. Il suffirait, dans ce but, de draguer les alluvions dans les gorges encaissées à l'aval de Génissiat jusque vers Seyssel, tout en réservant la pente voulue, fonction de la largeur de la gorge, nécessaire à la circulation éventuelle des plus hautes crues. Cet approfondissement, qui permettrait d'abaisser de 15 mètres environ le plan d'eau à l'aval de Génissiat, aurait en outre, pour les fondations de l'ouvrage, l'avantage de diminuer d'autant la profondeur des fouilles à faire.

On donnerait au barrage de Génissiat la forme cellulaire, afin que sa grande hauteur ne soit pas une cause d'inquiétude, par suite des altérations possibles dues aux actions météoriques.

***

Quoi qu'il en soit des dispositions définitives à adopter dans chaque partie du fleuve, il faut se réjouir de voir enfin, bien que tardivement, cette grande entreprise de l'aménagement intégral de notre second fleuve prendre figure définitive. Trop longtemps l'argent français s'est dépensé en travaux exotiques dont nos rivaux tiraient plus d'avantages que nous-mêmes ; bien souvent même, les sacrifices consentis ne produisaient aucuns fruits.

Il ne saurait en être de même dans le cas présent : les capitaux français et étrangers investis dans l'affaire fructifieront dans le sol français et donneront une impulsion nouvelle à notre commerce et à notre industrie, tout en nous affranchissant, dans une mesure appréciable, de l'emprise étrangère qui nous dose le charbon parcimonieusement, tout en le facturant à des taux exorbitants.

M. Fourniols.

L'ATTAQUE DES VÉGÉTAUX PAR LES TERMITES

DEUXIÈME PARTIE : LA LUTTE CONTRE LES TERMITES[1]

Profondément découragés par les dégâts occasionnés par les Termites, la plupart des cultivateurs ne font guère de tentatives pour protéger leurs plantations contre ces terribles ravageurs. Ils s'abandonnent à la destinée, laissent faire le temps et se résignent ; lorsque les dommages sont par trop importants, ils se lamentent. Si on leur demande les raisons de cette abstention, infailliblement ils répondent qu'il en est ainsi parce « qu'il n'y a rien à faire » ; un cultivateur des environs de Marennes, fort étonné de ma question, m'a dit d'un air très sérieux : « Assurément non, je ne fais rien, pas plus que je cherche à combattre les fourmis » (*sic*).

Tout le monde n'est heureusement pas aussi philosophe; pour certains, se lamenter sans tenter de se protéger est loin d'être suffisant. C'est pour cela que des personnes, mieux avisées que d'autres, ont essayé divers modes de traitement ; j'ai pu les voir de très près et les apprécier au cours des voyages que j'ai effectués en Charentes pour étudier le mode d'envahissement des plantes par les Termites. Aucun n'est réellement efficace ; mais leur histoire est si curieuse, parfois même si bizarre, que je crois intéressant de la rapporter ici.

***

Si l'on passe en revue ces différents traitements, l'on constate bien vite qu'aucune méthode rationnelle n'a présidé à leur choix ; sans étude scientifique préalable, sans déterminer à l'avance le mode d'invasion des plantes par les Termites, ni les rapports exacts de ceux-ci avec les végétaux, sans même rechercher l'influence que le produit employé peut avoir sur les plantes ou sur les parasites, on a traité avec ce qu'on avait sous la main, rien ne désignant à l'opérateur telle substance plutôt que telle autre. En général, il semble que, jusqu'ici, la seule ligne de conduite ait été de tout essayer.

Tout, ou à peu près tout, en effet, a été tenté, même les remèdes les plus invraisemblables. N'ai-je pas rencontré un cultivateur qui préconisait le simple arrosage avec de l'eau ordinaire, en ayant soin de recouvrir ensuite les plantes mouillées avec de la paille ? Tout comme si l'humidité était nuisible aux Termites !

A ce manque de discernement dans le choix des remèdes vient s'ajouter leur application défectueuse par la raison que le cultivateur, sans guide, est tout autant dans l'ignorance du mode d'action du produit qu'il décide devoir employer que de la biologie de l'être qu'il veut détruire.

Pour débarrasser les plantes des Termites qui les attaquent, certaines personnes songèrent à employer une préparation spéciale, dont la formule de composition n'est pas publiée et dont on fait usage en Charentes, particulièrement dans la région de Marennes, pour protéger les bois morts contre ces êtres, principalement les bois de construction. D'après les renseignements que j'ai recueillis dans mes excursions, ce produit fut employé soit en aspersion ou badigeonnage le long des troncs des arbres, soit en arrosage.

En badigeonnant le tronc des arbres avec ce produit, dilué comme l'indique le mode d'emploi pour le traitement des boiseries, on obtient, sans conteste, un *succès momentané* qui peut faire croire à tous ceux qui ne connaissent pas la façon dont les Termites assaillent les plantes et qui ignorent les mœurs de ces êtres, que l'arbre est définitivement débarrassé de ses hôtes rongeurs. En effet, sous l'action du liquide, les individus se trouvant à la surface du tronc sont tués ou fuient, mais ceux des galeries internes ne sont nullement inquiétés, encore moins ceux qui se sont réfugiés dans les racines et dans le sol autour de l'arbre. Quelques soldats et ouvriers sont donc simplement détruits ; c'est peu de chose, en somme, pour la colonie, qui n'est pas atteinte dans ses parties sensibles et qui continue à proliférer comme si rien n'était. Peu de temps, en effet, après ce premier badigeonnage, les Termites réapparaissent, d'abord peu nombreux, puis bientôt tout autant qu'auparavant ; ils proviennent des parties profondes de l'arbre non atteintes par le produit. Devant cette *prétendue nouvelle attaque*, on recommence le traitement, mais le succès n'est pas meilleur que la première fois ; on ne réussit jamais mieux, quel que soit le nombre de fois qu'on répète l'opération. En un mot, en traitant ainsi on tue quelques insectes, on en déplace d'autres, mais de nouveaux bataillons reviennent dès que la cause gênante a disparu. Au point de vue utilitaire on n'a rien fait, absolument rien.

Quant aux arrosages faits avec le produit en question, ils sont plus nuisibles qu'utiles. Le produit, en effet, est très violent, très nocif ; il

1. Voir la première partie dans la *Revue gén. des Sciences* du 30 avril 1920, p. 250.

tue la plante sur les racines de laquelle on le verse. Aussi a-t-on essayé de l'employer en dilution très légère ; les résultats n'ont pas été meilleurs, car si les végétaux n'étaient pas tués, les Termites n'étaient pas inquiétés.

En d'autres lieux, on a employé le carbonyl. Cette substance n'atteint pas non plus les Termites dans leur retraite profonde ; aussi est-elle sans efficacité pour protéger les plantes croissant en pleine terre. Il n'en serait peut-être pas de même, dans certaines conditions, pour les plantes en pots.

Un horticulteur de Tonnay-Charente, en effet, m'a dit avoir obtenu de bons résultats en plaçant une pincée d'un mélange de carbonyl, de sable et de soufre au fond des pots à fleurs, au niveau de l'orifice intérieur par lequel s'écoule l'eau d'arrosage. Il se peut fort bien que le carbonyl ainsi placé soit un obstacle à la pénétration des Termites ; la plante est donc protégée, si toutefois on ne met dans le pot que de la terre ne contenant pas de ces insectes. Il y a cependant lieu de remarquer, en ce qui concerne les plantes en pots, qu'il y a d'autres moyens, et bien plus simples, de les défendre, à condition que l'infection ne se produise pas par les parties aériennes, ce que le procédé de l'horticulteur de Tonnay-Charente ne saurait pas non plus empêcher. Il suffit, par exemple, de n'employer que de la terre ne contenant pas de Termites et d'*isoler* les pots du sol ou de tout corps contaminé en plaçant au-dessous d'eux une plaque de tôle ou de fer-blanc, une ardoise, un carreau, ou bien encore en disposant les pots sur des étagères en pierre ou en bois sain, comme on a souvent l'habitude de le faire dans les serres, les vérandas et les jardins.

On a également aspergé les plantes et les troncs des arbres avec du crésyl, du lysol, et autres antiseptiques ; on a même arrosé avec ces produits, mais toujours sans succès définitif. Pour les plantes, même, les aspersions répétées peuvent être nuisibles en altérant le feuillage ; quant aux Termites, seuls sont détruits ceux qui habitent les galeries extérieures ou le dessous de l'écorce dans les endroits où celle-ci n'est pas saine ; mais, comme je le disais ci-dessus, cela n'est d'aucune importance pour l'avenir, puisque les sujets vivant au sein de la plante n'ont été nullement inquiétés.

On a badigeonné le tronc des arbres après grattage préalable, ou même sans grattage, avec de la chaux, du coaltar, du goudron, du pétrole, de l'essence de pétrole, de l'huile de lin, etc.

Aucun de ces produits n'a répondu à l'attente qu'on fondait sur eux. On a même aspergé et arrosé avec certaines de ces substances, mais sans plus de succès.

La suie, bien que n'ayant pas fourni de résultats décisifs, paraît cependant avoir donné plus de satisfaction que tous les ingrédients que je viens de signaler. C'est le docteur Costin qui en a préconisé l'emploi. Il déchaussait l'arbre qu'il voulait traiter, mettait les racines à nu et sur celles-ci épandait de la suie de cheminée ; il recouvrait ensuite de terre. La suie de cheminée, en effet, dans bien des cas, a été employée comme insecticide, pouvoir qu'elle doit à la pyridine, à l'acide pyroligneux et aux produits ammoniacaux qu'elle renferme ; à ses propriétés insecticides elle joint celles d'un engrais : depuis longtemps on s'en sert à ce titre. La suie paraissait ainsi susceptible de pouvoir jouer un double rôle dans la lutte contre les Termites ; son choix était donc raisonné, il n'avait rien d'empirique comme celui des substances précédentes ; en outre, elle constituait un moyen simple, commode et peu coûteux. Quels ont été les résultats ? Il est incontestable que la terre, autour de la plante traitée, renfermait moins de Termites qu'auparavant, quelquefois même pas du tout ; cela paraissait fort encourageant. Pendant un temps on crut au succès ; malheureusement celui-ci ne fut que partiel. Encore ici, il se produisit ce que nous avons constaté dans certains autres traitements : les individus contenus dans les galeries profondes ne sont pas détruits. La suie n'a donc pas rendu, en ce qui concerne les Termites, les services qu'on paraissait en attendre.

Pendant que des agriculteurs essayaient ainsi une foule de substances que, pour la plupart, il faut bien le reconnaître, rien ne désignait pour un tel emploi, d'autres cherchaient à appliquer les méthodes qui donnent de bons résultats dans le traitement de maladies qui n'ont aucune similitude avec l'invasion des végétaux par les Termites. Par exemple, certains cultivateurs eurent l'idée de se servir des bouillies cupriques employées contre l'oïdium. Le succès fut loin de couronner ces tentatives ; cela d'ailleurs, avec un peu de réflexion, pouvait, et même devait, être prévu.

A l'instar de ce qui a été fait autrefois contre le phylloxéra, on a injecté dans le sol, autour des pieds envahis, du sulfure de carbone avec les mêmes précautions qu'on prenait dans le traitement de la vigne et en se servant d'appareils analogues. Aucun succès vraiment positif n'a été enregistré.

*
* *

Tels sont les traitements à base chimique dont

j'ai entendu parler et que j'ai cru devoir rapporter dans cette rapide revue. Ce ne sont pas les seules tentatives qu'on ait faites en vue de protéger les plantes contre les Termites, il y en a eu bien d'autres. On a essayé, par exemple, des méthodes purement mécaniques ; j'en citerai deux, l'une complètement inefficace, l'autre qui, jusqu'à un certain point, donne quelques satisfactions.

On a songé à gratter le tronc des arbres et à enlever les lambeaux d'écorce peu adhérents au bois, de façon à détruire les galeries extérieures et les retraites sous-corticales ; on pensait chasser ainsi les parasites en détruisant leur logis. Grave erreur ; les Termites se réfugient dans les canaux qu'ils ont creusés à l'intérieur du tronc ; les êtres rongeurs restent dans la place et le danger ne diminue en rien pour le sujet atteint. Cette opération serait-elle souvent répétée qu'elle n'aurait guère de meilleurs résultats ; le grattage des troncs n'est donc d'aucune utilité.

On a conseillé, et avec raison, le bêchage de la terre très souvent renouvelé. On sait, en effet, que les Termites n'aiment pas à être dérangés dans leurs occupations ; leur travail de destruction s'accomplit entièrement dans le calme et dans l'ombre. Vient-on à détruire leurs galeries, aussitôt ils fuient en toutes directions cherchant un refuge où ils sont, à la fois, à l'abri des gêneurs et de la lumière. Il s'ensuit que, dans un champ où la terre est fréquemment remuée, ces insectes se trouvent mal à l'aise et cherchent plutôt à se protéger contre ce manque de tranquillité qu'à attaquer les *plantes annuelles ;* mais il faut se garder de généraliser et de penser que c'est là un traitement infaillible. Bien des plantes sont encore rongées dans un champ souvent travaillé. Je ne puis donner de meilleures preuves à ce sujet que le sort de boutures faites en pots ; il peut arriver que celles-ci soient dévorées au bout de très peu de temps, de quelques jours seulement ; là, pourtant, la terre est fraîchement remuée, puisqu'elle est mise en pot en même temps que la bouture.

Les plantes annuelles peuvent donc être atteintes malgré ces travaux de la terre si l'invasion est fort intense. D'autres facteurs, dans les mêmes conditions, favorisent aussi leur attaque ; parmi ceux-ci je signalerai les suivants. Si la plante reste longtemps en terre, elle court plus de risques que si elle n'y séjourne que peu : un chou sera plutôt rongé qu'un radis ou une salade, toutes conditions restant égales. Les racines profondes, que la bêche ne met pas à découvert, pourront être attaquées et par là se produira l'invasion : donc toute plante à racines profondes peut être plus facilement envahie qu'une plante à racines courtes. Le bêchage de la terre ne peut être préservatif qu'à condition de détruire les galeries les plus rapprochées du végétal ; si l'on ne s'approche pas suffisamment des racines de celui-ci, de crainte de les léser par exemple, c'est comme si l'on ne faisait rien. On voit donc que cette méthode de protection qui, au premier abord, paraît très simple, doit être appliquée avec énormément de soins, faute de quoi elle ne donne que des insuccès, comme cela se produit trop souvent par suite de l'ignorance ou de l'incurie apportée dans son application. Quoi qu'il en soit, pour les plantes annuelles, c'est jusqu'ici la seule façon de faire qui donne des résultats favorables.

Quant aux plantes vivaces et aux arbres, ils ne peuvent pas être protégés par cette méthode, car non seulement il peut y avoir, chez eux, infection par les parties aériennes, mais aussi par les racines profondes que le binage n'atteint pas ; l'invasion, dans ce cas, est également favorisée par le fait que ces plantes restent en place pendant des années.

Cette méthode de protection est assez onéreuse, car elle réclame de nombreuses « façons » ; elle ne peut être confiée qu'à de bons ouvriers, fort consciencieux, et ceux-ci sont obligés d'opérer avec soin et, par conséquent, très lentement.

Enfin, on a préconisé certaines méthodes de préservation qui paraissent bien bizarres à première vue. Pour ne pas allonger outre mesure cet exposé, je ne rapporterai que celles qui m'ont le plus frappé par leur originalité.

Quelques personnes ont voulu voir dans les tuteurs en bois un moyen de protection des cultures parce que les Termites les envahissent généralement. C'est ainsi que j'ai rencontré, du côté de Rochefort, une brave femme qui escomptait cette prédilection des Termites pour le bois mort pour sauvegarder ses plantes ; près de chaque sujet qu'elle cultivait, elle fichait en terre un morceau de bois de la grossenr d'un manche à balai ; il est à remarquer qu'elle n'opérait que sur des plantes annuelles. D'après mes observations et mes expériences, comme je l'ai rapporté précédemment, l'emploi des pieux est, au contraire, dangereux et doit être déconseillé parce qu'ils attirent les Termites dans la région cultivée.

Le fait suivant est également à décrire.

Les Géraniums (*Pelargonium*) semblent constituer pour les Termites un appât de prédilection ; ils sont toujours la proie de ces insectes, partout où ceux-ci existent, à tel point que, dans bien des cas, on a dû renoncer à leur culture.

Spéculant sur ce penchant, un pépiniériste eut l'idée de préserver ses cultures en se servant de Géraniums qu'il disposait autour des sujets qu'il voulait mettre à l'abri. En agissant ainsi, il ne faisait qu'attirer les ennemis dans la place. Mais, fait excessivement curieux, ce pépiniériste se moquait de la femme qui, dans le même but, employait le bois sous forme de tuteur. Pour nous, qui jugeons plus froidement les choses, les deux méthodes se valent, et pour les mêmes raisons.

Est-ce à dire, cependant, que dans ces deux façons d'opérer il n'y ait pas, *en ébauche*, un moyen de protection *momentanée*, à condition toutefois d'en *modifier profondément* le principe si rudimentaire? Si; en combinant ces deux procédés, en disposant les bois et les Géraniums d'une façon spéciale, en les mettant en place et en les enlevant à des époques bien déterminées et en prenant des précautions particulières, j'ai pu pendant une saison *détourner* un grand nombre de parasites d'arbres atteints; mais ce n'est pas là un traitement qui débarrasse à jamais de leurs habitants les sujets malades : *l'action n'est que passagère et incomplète*.

***

En résumé, aucun des moyens que j'ai signalés ci-dessus n'est vraiment efficace, et cela parce que tous ont le même défaut originel : ils n'ont aucune base scientifique et n'ont pas été précédés d'études sérieuses. Il ne faut cependant pas désespérer et penser que les plantes vivantes ne peuvent pas être protégées contre les attaques des Termites; je suis persuadé, au contraire, qu'on doit arriver à des résultats incontestables, mais à la condition d'employer des méthodes rationnelles. Depuis déjà longtemps j'ai entrepris des recherches dans ce but; elles ne sont pas encore terminées, ayant été interrompues par la guerre; mais les premiers résultats que j'ai obtenus me font bien augurer de l'avenir.

Après diverses tentatives d'ordres différents, mais qui toutes consistaient à perfectionner certains procédés préconisés par l'un ou par l'autre et qui m'ont toujours conduit à de complets échecs, j'eus l'idée de pratiquer une médication interne des plantes en même temps que de neutraliser le terrain tout autour d'elles, puisque, comme mes observations l'ont montré, les Termites se répandent sous terre assez loin du sujet atteint et, par des galeries souterraines, communiquent de celui-ci avec les voisins.

Pour faire œuvre utile, il était donc absolument indispensable d'employer des produits pouvant diffuser autour du végétal en observation; pour atteindre ce but, je résolus de faire dissoudre dans de l'eau des substances nocives et d'arroser les plantes avec ces liqueurs. Je décidai, en outre, de commencer mes expériences en soignant des arbres, pour la raison qu'avec eux il me serait possible de suivre pendant plusieurs années l'effet de mon traitement sur le même sujet.

Les substances à employer devaient être suffisamment nocives pour détruire les insectes, mais il fallait aussi que les arbres résistassent au traitement. Avant d'agir sur ceux-ci, il était donc de première nécessité de faire des études préalables sur la façon dont les plantes, en général, supporteraient ces arrosages.

Pour cela, à mon laboratoire, j'instituai une série d'expériences. Elles consistèrent dans le choix de substances avec lesquelles je faisais des solutions et dans la détermination du titre de celles-ci; ce dernier point était la partie la plus délicate de l'opération. J'entrepris ensuite une nouvelle série d'expériences pour savoir dans quelle proportion je pouvais employer mes solutions. Ce ne fut qu'alors que je crus pouvoir commencer à traiter.

Le traitement consista à creuser autour de l'arbre un trou suffisamment grand pour recevoir de deux à trois cents litres d'eau, comme cela se pratique dans l'arrosage ordinaire; seulement, dans cette eau, je versais, au préalable, 3 % d'une de mes solutions. (Celles-ci étaient à base de bichlorure de mercure, de ferricyanure de potassium ou de ferrocyanure de potassium.) L'opération était répétée deux ou trois fois à deux jours d'intervalle; puis le trou était fermé.

J'ai commencé à appliquer ce traitement en 1911, sur des arbres communaux de Fouras (Charente-Inférieure), que la municipalité de la localité m'avait autorisé à soigner; je l'ai continué les années suivantes en opérant toujours sur les mêmes sujets. Je faisais trois arrosages par an : le premier en février ou au commencement de mars, précédant la mobilisation des insectes (*traitement d'hiver*), le second vers la fin du mois de mai (*traitement de printemps*), le troisième en octobre (*traitement d'automne*).

Dès la fin de la première année, en comparant les arbres traités aux sujets témoins non soignés, j'ai constaté une légère différence. Les arbres traités paraissaient moins atteints que les autres et présentaient moins de galeries extérieures qu'avant le traitement.

A la fin de l'année 1912, je constatai que les arbres soumis au bichlorure de mercure et au ferrocyanure de potassium n'avaient plus de traces extérieures de Termites. Ceux arrosés avec une solution de ferricyanure de potassium marquaient

seulement une grande amélioration de leur état. C'est ainsi, par exemple, que parmi ces derniers se trouvait le sujet qui était de beaucoup le plus atteint de tous ceux sur lesquels j'ai expérimenté; avant l'application de mon traitement, cet arbre présentait de nombreuses galeries tout le long du tronc et sa base était profondément rongée ; dans les débris qu'à ce niveau on arrachait des parties contaminées se trouvaient de nombreux Termites ; à la fin de 1912, je ne découvris qu'une seule galerie et dans le bois, à la base du tronc, il n'y avait que peu d'insectes.

En 1913, je résolus non seulement de poursuivre le traitement sur les arbres soumis jusqu'alors à mes produits, mais aussi sur de nouveaux sujets, de façon à donner une plus grande extension à mes recherches. Comme je l'avais fait précédemment, j'ai encore choisi ces derniers parmi les arbres les plus atteints. Je résolus aussi de ne rien changer à ma façon d'opérer, puisque celle-ci m'avait fourni des résultats satisfaisants. A la fin de l'année, les arbres n'ayant subi qu'un an de traitement ne présentaient pas une bien grande amélioration de leur état. J'avais déjà fait cette constatation en 1911 ; l'effet du traitement ne semble être réellement appréciable que dans le courant ou même à la fin de la deuxième année. Quant aux arbres en traitement depuis trois ans, ils n'avaient plus de galeries extérieures et paraissaient être en excellent état de santé.

En 1914, je continuai le traitement en l'étendant encore à de nouveaux sujets. J'avais fait les arrosages d'hiver et de printemps, lorsque la mobilisation suspendit le cours de mes recherches. Depuis cette époque, je ne suis pas revenu à Fouras; je ne sais donc pas si l'amélioration constatée persiste encore.

Ce qu'aussi j'aurais voulu déterminer, c'est la façon dont agissaient mes produits. Leur action s'exerce-t-elle au niveau du sol ou bien dans la plante même? C'était là l'ordre de recherches que j'allais entreprendre lorsque je fus arrêté dans mes observations.

Je n'ai pas borné mes travaux à la seule protection des arbres ; dès 1912, j'ai commencé une série d'études dans le but de trouver le moyen de défendre les plantes d'ornement et les plantes maraîchères contre les attaques des Termites.

Je crus pouvoir employer les mêmes liqueurs que pour les arbres, puisque des expériences sur des plantes en pots, faites en 1911, m'avaient montré que celles-ci supportaient fort bien ces solutions. Mais, des plantes que je me proposais de traiter, les unes sont des sujets d'ornement, tels les giroflées, les pélargoniums, etc., et les autres, au contraire, sont des plantes servant à l'alimentation de l'homme ou des animaux, comme la pomme de terre, l'avoine, etc. Si, pour les premières, le seul point intéressant était de savoir si elles résistaient à l'action des substances avec lesquelles je les arrosais, pour les deuxièmes, le problème était plus complexe. Non seulement pour ces dernières il fallait encore s'assurer de leur résistance aux produits d'arrosage, mais il était indispensable de savoir si, par hasard, elles n'emmagasineraient pas des poisons susceptibles de tuer ou seulement d'incommoder les hommes ou les animaux qui s'en nourriraient. Des recherches, faites en collaboration avec le docteur B. Llaguet, chimiste distingué, me montrèrent, après analyses, que rien n'était à craindre de ce côté.

D'autre part, j'ai cultivé des choux en assez grande quantité; je les ai arrosés avec mes solutions dans les conditions ordinaires, puis les ai donnés en nourriture à des lapins ayant subi un jeûne *absolu* de douze heures, de façon que leurs estomacs fussent à l'état de vacuité. Aucune précaution spéciale ne fut prise et ces animaux ne reçurent pas d'autre aliment de la journée, mais ils firent plusieurs repas. Tous résistèrent fort bien à l'épreuve.

Les facultés vitales des plantes soumises au traitement ne sont nullement atteintes. C'est ainsi qu'un tubercule de pomme de terre dont le pied fut arrosé par une de mes solutions, arraché le 23 juin et conservé dans mon laboratoire depuis cette époque, germa et fournit des pousses qui, le 14 octobre, mesuraient cinq millimètres de longueur ; le tubercule avait, en outre, acquis de la chlorophylle en certaines de ses parties.

Je jugeai alors mes travaux de laboratoire terminés et, en 1914, je commençai mes expériences en plein champ, en régions « termitées », lorsque la guerre survint et m'empêcha de poursuivre mes recherches.

Tels étaient les résultats que j'avais obtenus en 1914. Ils paraissent encourageants, mais cependant je ne veux pas encore les considérer comme définitifs ; par prudence, je désire attendre le résultat de mes observations futures. Je me propose, en effet, de reprendre prochainement ces travaux, interrompus par la mobilisation, et dont, malgré mon vif désir, il m'a encore été impossible de m'occuper.

J. Chaine,

Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Bordeaux.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Veblen (Oswald), *Professeur à l'Université de Princeton, et* **Young** (John Wesley), *Professeur au Collège de Dartmouth.* — **Projective Geometry.** *Vol.* I (*in*-8° *de* x-344 *pages*); *vol.* II, *par* Oswald Veblen (*in*-8° *de* xii-512 *pages*). (*Prix cart.* : 9 *doll.*) *Ginn and Company*, 15, *Ashburton Place, Boston*, 1916-1917.

La Géométrie projective, dont l'origine remonte aux immortels travaux de Poncelet, est une science qui a subi depuis un siècle une évolution considérable. Son objet est toujours l'étude des propriétés des figures qui se conservent par projections ; mais, tandis qu'au début elle était une branche de la Géométrie d'Euclide, empruntant à celle-ci ses notions et ses méthodes de raisonnement, actuellement elle est une science autonome ayant ses méthodes propres, tirant d'elle-même une Géométrie analytique qui n'emprunte rien à la notion euclidienne de longueur. Par une curieuse interversion des points de vue, c'est maintenant la Géométrie euclidienne qui est un simple chapitre de la Géométrie projective, ainsi du reste que les Géométries non euclidiennes, la Géométrie affine, la Géométrie de l'inversion, etc., et d'une manière générale toutes les Géométries dont le groupe fondamental est fini, s'il est vrai que tout groupe continu fini est isomorphe à un groupe projectif. Cette évolution, dont l'origine remonte à von Staudt, s'est du reste poursuivie de nos jours, où les recherches de Pasch et de D. Hilbert sur les fondements de la Géométrie ont chassé jusque dans leurs derniers refuges les appels plus ou moins déguisés à une intuition souvent trompeuse et ont fait de la Géométrie une science purement abstraite, mais où le raisonnement déductif (celui qu'on disait autrefois caractériser la Géométrie *pure*) reprend un rôle prédominant.

L'ouvrage de MM. Veblen et Young est un exposé didactique complet de l'état actuel de la Géométrie projective. Le premier volume est consacré à la Géométrie projective *générale*, où l'on ne fait sur l'espace que les hypothèses strictement nécessaires pour que les notions fondamentales de la Géométrie projective y aient un sens. Ces hypothèses ou axiomes, d'où est banni tout appel à l'intuition ou à la continuité, postulent, les uns (*axiomes d'alignement*) des propriétés d'objets non définis appelés points et droites, d'autres (*axiomes d'extension*) l'existence de points et de droites en nombre suffisant pour fonder la Géométrie à trois dimensions, un autre la non-collinéarité des trois points diagonaux d'un quadrangle complet, le dernier enfin (*axiome de projectivité*) la propriété de toute projectivité (définie comme résultante de perspectivités) de laisser invariants tous les points d'une droite dès qu'elle en laisse invariants trois distincts. L'étude des propriétés fondamentales des coniques (avec les théorèmes de Pascal, de Brianchon et de Desargues), des projectivités des formes à 1 et 2 dimensions, des congruences linéaires et des complexes linéaires fait partie de cet exposé de la Géométrie projective générale, ainsi que l'introduction, par une méthode purement synthétique analogue à celle de von Staudt, des coordonnées projectives ; mais naturellement aucune hypothèse n'est faite sur la nature du système de nombres auquel sont empruntées ces coordonnées, l'axiome de projectivité exigeant simplement que la multiplication soit commutative. La Géométrie projective d'un espace qui ne contiendrait qu'un nombre fini de points (et il en existe logiquement de tels) rentre donc aussi bien que toute autre dans le cadre de ce premier volume.

Le premier chapitre du second volume en forme le complément naturel; les auteurs montrent comment l'introduction de l'*axiome de continuité* rend inutile l'axiome de projectivité et ils achèvent l'énumération des axiomes qui définissent les principaux espaces projectifs (modulaire, non modulaire, rationnel, réel, complexe, ordonné, etc.).

Le second volume est consacré alors à l'étude des Géométries projectives particulières. A ce point de vue, les auteurs posent un double principe de classification suivant qu'on se propose d'étudier, d'une part tel espace particulier (réel, complexe, etc.), d'autre part dans cet espace les propriétés des figures qui se conservent par telle catégorie particulière de transformations projectives formant un groupe. C'est ainsi que la Géométrie euclidienne ordinaire étudie dans l'espace réel les propriétés des figures qui se conservent par les transformations projectives laissant invariant un certain plan (le plan de l'infini) et dans ce plan une certaine conique imaginaire (le cercle imaginaire à l'infini). Les auteurs étudient successivement, dans l'espace réel et l'espace complexe, la Géométrie affine, la Géométrie euclidienne, les Géométries non euclidiennes, la Géométrie de l'inversion. La formation dans chacune de ces Géométries des transformations du groupe fondamental au moyen de projectivités involutives est étudiée en détail.

Les parties les plus intéressantes et les plus neuves de l'ouvrage sont celles qui ont rapport aux questions d'ordre et de sens, spécialement dans le plan projectif réel et l'espace projectif réel. Le lecteur s'initiera avec le plus grand intérêt, dans les deux chapitres (ii et ix) consacrés à ces questions, à la propriété du plan projectif (ou elliptique) réel de n'avoir qu'un côté, à la classification dans le plan projectif réel des polygones fermés suivant qu'ils partagent ou non le plan en deux régions distinctes, à la classification analogue des polyèdres dans l'espace, et d'une manière générale à toutes les questions d'*Analysis situs* qui ressortissent à la Géométrie projective. Les auteurs auraient sans doute pu abréger çà et là leur exposition en se servant des coordonnées, mais ils ont sans doute préféré s'en tenir à une méthode plus purement synthétique.

En résumé, cet ouvrage sera lu avec un grand profit par tous ceux qui en France s'intéressent encore à ces théories de Géométrie pure qui ont pris naissance dans notre pays et y ont longtemps brillé d'un vif éclat.

E. Cartan,
Professeur à la Sorbonne.

2° Sciences physiques

Rougier (Louis), *Professeur agrégé de Philosophie.* — **La Matérialisation de l'Energie.** Essai sur la théorie de la Relativité et sur la théorie des Quanta. — 1 *vol. in*-16 *de* 148 *p.* (*Prix* : 5 *fr.* 25). *Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, Paris*, 1919.

Dans l'Antiquité, où la Science n'était pas séparée de la Métaphysique, les philosophes — le mot l'indique — cultivaient surtout les Sciences, et cela était encore vrai à l'époque de Descartes, lequel n'est devenu philosophe que parce qu'il était physicien.

Aujourd'hui, où l'étendue du savoir oblige à la spécialisation, les savants-philosophes sont de plus en plus rares. Pour ne parler que des morts, Henri Poincaré, dont la pensée générale embrassait un si vaste horizon, a été une exception qui ne fait que confirmer la règle. Aussi, les philosophes modernes se sont-ils contentés de se mettre à la remorque des sciences physiques et naturelles, attendant, en général, que ces sciences soient suffisamment achevées pour être interprétées avec le recul nécessaire. On sait avec quelle maîtrise et quel profit pour leurs élèves MM. Boutroux et Bergson se sont acquittés de cette tâche difficile.

Le philosophe, auteur de l'ouvrage dont nous rendons compte, n'a pas voulu laisser à la science nouvelle qu'il analyse le temps d'être jugée et critiquée par les milieux scientifiques. Plus vite au courant que nombre de savants, il a recueilli des travaux dispersés dans des revues souvent difficiles à trouver et en a fait une brillante synthèse physico-philosophique qui constitue une utile *actualité scientifique* répondant ainsi au titre de la Bibliothèque dont fait partie son ouvrage.

« La Matérialisation de l'Energie » montre comment, en partant de l'ancien dualisme de la matière et de l'énergie, on est arrivé peu à peu à la notion la plus récente en même temps que la plus révolutionnaire de la constitution du monde physique.

La philosophie classique fait reposer l'explication du monde sur le dualisme de la matière *pondérable* et de l'énergie impondérable, l'une et l'autre conservant respectivement leur masse et leur valeur. Ce dualisme — déjà compromis à la suite des théories de Faraday, de J.J. Thomson et de Lorentz — semble avoir reçu le coup de grâce à la suite de la théorie de la Relativité due à Einstein.

Les électrons — qui, d'après la théorie de Lorentz, constituent la matière — sont d'origine exclusivement électro-magnétique ; ils sont dénués de support matériel et ont une masse qui varie en fonction de leur vitesse. La masse cesse donc d'être invariable; ce qui se conserve, c'est l'*énergie*. Cette énergie se localise dans l'espace par suite de la superposition des deux champs électriques et magnétiques; c'est la seule réalité observable : elle est douée d'inertie, de masse, de structure et elle se passe du secours d'aucun substrat. Les systèmes matériels, constitués, d'après Lorentz, par des assemblages d'électrons, ne sont doués de masse qu'en proportion de l'énergie que représentent ces électrons; et cette masse devient une grandeur qui mesure leur énergie interne. Cette énergie interne, intra-atomique, représente, à la température du zéro absolu, une valeur énorme. Suivant qu'un corps acquiert ou cède de l'énergie, sa masse augmente ou diminue : elle est plus grande quand il est en mouvement que lorsqu'il est au repos, à chaud qu'à froid, électrisé que déchargé ; elle varie dans les réactions chimiques et surtout dans les transformations radio-actives. Ainsi la combinaison de 2 gr. d'hydrogène et 16 gr. d'oxygène dégage 69.000 cal.-gr.-degrés, soit 3×10^{12} ergs, ce qui correspond à une perte de masse, sous forme de rayonnement, égale à $1/3 \times 10^{-8}$ gr., qui vient en déduction des 18 gr. d'eau attendus. — La désintégration complète de l'uranium en hélium et en plomb représente une déperdition de masse supérieure à un dix-millième de l'uranium primitif. M. Langevin (dont le nom, cité constamment par l'auteur, est inséparable des sujets traités) a montré qu'en vertu du même principe s'expliquent les écarts des poids atomiques par rapport à la loi des poids atomiques de Proust.

Le principe de la conservation de la masse qu'avait formulé Lavoisier n'est donc plus vrai qu'en première approximation : il vient se fondre dans celui, plus général, de la conservation de l'énergie.

L'éther, ses propriétés contradictoires, sa prétendue immobilité, ne cadrent décidément plus avec l'expérience. C'est dans le vide que se projette un rayon, avec la vitesse uniforme de la lumière, sous forme d'éléments discontinus d'énergie, de *quanta* (théorie de Max Planck), ce qui rappelle l'émission corpusculaire de Newton. La pression des radiations sur les milieux qui les absorbent s'explique alors très bien.

L'analyse du phénomène montre que les lignes de force électrique tendent à se placer transversalement par rapport à la direction du mouvement, pour y arriver de manière complète lorsque la vitesse atteint celle de la lumière. La distribution limite du champ ainsi réalisé représente une énergie infinie, par suite une inertie infinie; de sorte qu'un travail infini, nécessitant un temps infini, serait nécessaire pour communiquer, en régime permanent, à une particule électrisée, la vitesse de la lumière. Cette vitesse apparaît comme une limite qu'aucun corps électrisé ne saurait atteindre.

Au surplus, d'après Einstein, la vitesse de la lumière est une constante absolue, c'est-à-dire que la lumière se propage dans toutes les directions avec la même vitesse, laquelle, de cette façon, demeure la même aussi bien par rapport à l'observateur qui se meut vers la source d'où la lumière provient que par rapport à celui qui, au contraire, s'en éloigne.

Un rayonnement qui se propage librement dans le vide représente une certaine *quantité de mouvement* électromagnétique. Il possède donc une masse douée d'*inertie*; il sera donc attiré par une masse située dans le voisinage en vertu de la loi de Newton. Einstein, en 1916, avait trouvé par le calcul : 1″74 pour la déviation du rayon d'une étoile passant près du Soleil, et, à la dernière éclipse totale du Soleil, le 29 mai 1919, on a constaté une déviation de 1″79, ce qui constitue une confirmation remarquable.

L'espace ambiant dans lequel se déroulent les phénomènes physiques n'est pas aussi simple, c'est-à-dire euclidien, que nous le concevons habituellement. Il ne faut plus se représenter le monde comme un ensemble de corps perdus dans un vide infini, mais comme des systèmes de corps et de champs électromagnétiques ou lumineux superposés à des champs gravifiques de dimensions finies. Toutes les manifestations physiques dépendent les unes des autres et cette dépendance a été exprimée par les *équations gravitationnelles* d'Einstein qui relient la nature géométrique de l'espace aux éléments qui caractérisent les phénomènes qui s'y déroulent.

Dans notre système planétaire, l'espace perturbé par la masse solaire n'est plus euclidien, mais courbe, et les lois de Kepler ne sont plus exactes qu'en première approximation; les orbites planétaires ne sont plus rigoureusement elliptiques et le périhélie de chaque planète doit se déplacer dans le sens du mouvement. C'est ce que l'observation confirme; pour la planète Mercure, en particulier, l'observation a donné 45″ pour le déplacement séculaire de son périhélie, alors que le calcul avait donné 43″.

Tel est, dans quelques-unes de ses grandes lignes, le problème qu'a courageusement attaqué M. Rougier : exposition difficile et délicate lorsqu'on s'adresse à des lecteurs qui ne sont pas forcément initiés aux subtilités des théories mathématiques et physiques. M. Rougier s'en est fort bien tiré. Peut-être que s'il eût été exclusivement physicien, rompu aux exercices théoriques et pratiques de cette science, il aurait développé davantage certaines parties de son sujet au détriment d'autres mieux connues.

A. Hollard,
Docteur ès sciences.

Claude (Georges). — **L'Electricité à la portée de tout le monde. Causeries sur le radium.** 8e *édition revue et mise à jour.* — 1 *vol. in-8° de* 518 *pages avec* 228 *figures* (*Prix* : 12 *fr.*). *H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, Paris,* 1919.

C'est avec un réel plaisir qu'on relit l'ouvrage de G. Claude, dont le style si alerte, si vivant, fait que l'on s'intéresse à sa lecture comme à celle d'une belle histoire. C'est qu'en effet c'est l'histoire de l'électricité qu'écrit l'auteur, histoire captivante s'il en fut. Quelles que soient les études d'électricité qu'ait faites le lecteur, l'*Electricité à la portée de tout le monde* est toujours intéressante à lire, car elle remet en mémoire, sans qu'il soit nécessaire d'y apporter une attention fatigante, les faits les plus saillants de cette Science. Quand l'on songe que, sans aucune notion de mathématique, l'auteur fait tout un cours complet d'électricité, l'on peut se rendre compte de son habileté, de sa réelle maîtrise dans ce sujet.

Les « Causeries sur le radium », qui terminent l'ouvrage, constituent, outre une étude très intéressante de cette question, un hommage à l'illustre savant

Curie, dont M. Claude est certainement l'un des plus brillants élèves.

M. Desmarets.

Mayer (Charles), *Ingénieur chimiste.* — **L'Industrie chimique aux Etats-Unis.** — 1 *vol. in-8° de* 291 *pages* (*Prix* : 9 *fr.*). *Dunod, éditeur, Paris*, 1919.

L'auteur, connu par ses publications scientifiques faites de 1904 à 1917 et relatives à des questions de Chimie organique et de Chimie médicale et signalé à l'attention des techniciens par les brevets qu'il a pris sur des sujets de Chimie industrielle et de Balistique, a été attaché à la mission dirigée par M. Eugène Tardieu en Amérique et a été chargé par M. E. P. Vergé de faire un rapport sur la situation actuelle de l'Industrie chimique aux Etats-Unis.

M. Mayer était donc un chimiste bien qualifié par son passé pour tirer de son séjour en Amérique tout le fruit désirable.

Dans une courte préface, il exprime sa reconnaissance à MM. Tardieu et Vergé, son admiration pour l'effort fait par l'Amérique et explique pourquoi, au début, les fabrications de guerre américaines se développèrent lentement. Il rappelle qu'un fait analogue s'était produit au début de la guerre de Sécession et pour la même cause : le manque complet de préparation militaire préalable.

L'ouvrage est divisé en 6 chapitres.

Le premier chapitre débute par une courte introduction dans laquelle l'auteur développe des considérations générales basées sur des statistiques impressionnantes. Il montre que l'industrie des produits chimiques, fort prospère avant la guerre (2.300.000 tonnes d'acide sulfurique en 1913), favorisée déjà par les ressources en matières premières et l'importance de la consommation d'un aussi grand pays, a vu tripler sa production de 1914 à 1918 à cause de la guerre. Les explosifs sont arrivés pour moitié environ dans ce résultat ; mais, à présent, l'Amérique pourra se passer de l'Allemagne pour la plupart des produits chimiques.

La France, favorisée par la possession des gisements de bauxite du Midi et de potasse d'Alsace, aidée par son occupation de la région rhénane, devra également bénéficier de l'arrêt relatif de la production allemande.

Il faut examiner les conditions actuelles pour avoir une opinion sur la possibilité de collaborer avec les Etats-Unis en ce qui concerne l'industrie chimique. Pour cela, M. Mayer nous fournit des documents sur les matières premières, le coût du charbon, de la force hydro-électrique, des transports et de la main-d'œuvre, des droits de douane, etc., puis il accumule des statistiques qui, de l'aveu même de l'auteur, seront peut-être sujettes à des rectifications, mais d'où il ressort des comparaisons fort suggestives.

Ainsi nous voyons que la production en houille a été, en 1918, de 585.833.000 tonnes courtes (de 907 kgs) ; que le poids de fonte préparée a été, durant la même année, de 38.820.000 tonnes anglaises (de 1.016 kgs.). Ces chiffres sont voisins de la demi-somme des quantités relatives à la production mondiale.

En ce qui concerne le maïs, en 1918, les Etats-Unis ont donné : 2.582.814 milliers de bushels (1 bushel = 35,24 litres) ; pour le coton, 11.700.000 balles ; pour la laine, 299.921 milliers de livres, etc. En valeur d'argent, ces nombres représentent 3.528.313.000 dollars pour le maïs et 1.616.207.000 pour le coton.

Avec une population qui représente 6 % de celle des divers continents, ce pays fournit 65 % du pétrole mondial.

Le prix du charbon était, avant la guerre, de 1,15 dollar par courte tonne, ce qui montrait un avantage d'au moins 50 % sur la dépense en combustible par rapport à la situation moyenne d'un industriel français.

Le cheval-an pour usine complète, y compris le terrain et les câbles de distribution et frais accessoires, a varié de 100 à 200 dollars.

La force électrique disponible pour les Etats-Unis est de 60.713.200 HP. A présent, 8 % de cette ressource est seulement installée.

Le coût de la main-d'œuvre joue un rôle moins important que pour d'autres industries. Ainsi, en Amérique, où le salaire des ouvriers était en moyenne, avant la guerre, le double de ce qu'il était en France, la main-d'œuvre représentait environ 20 % du prix de vente des produits fabriqués. Les chiffres nombreux cités se rapportent aux diverses industries chimiques et varient entre eux dans de larges proportions ; faibles pour le raffinage du pétrole, ils sont très forts dans la verrerie. Les salaires ont augmenté de 100 % pendant la guerre et le rendement des ouvriers a diminué.

Des renseignements sur les tarifs de transport, les charges d'impôts, le taux de l'argent, les droits de douane sont aussi fournis. Il en ressort que le tarif douanier français accorde moins de protection aux produits chimiques que le tarif américain, et cela devra être pris en considération par nos législateurs.

La suite des monographies qui constituent l'ouvrage apporte des documents nombreux et extrêmement précieux sur les cours des produits chimiques aux Etats-Unis et sur certaines questions qui s'y rapportent. Chaque industrie chimique y trouvera un enseignement et une source de réflexions et de pronostics sur son avenir en les comparant aux chiffres correspondants en Europe.

Il est difficile d'en dégager d'une manière générale une conclusion facile à résumer en quelques lignes.

La lecture de ces pages, instructives par le nombre des renseignements accumulés et par la manière dont les statistiques sont présentées et critiquées, est fort attachante. Le livre de M. Mayer devra être consulté par tout industriel ou tout savant qui voudra avoir des connaissances précises et claires sur les questions traitées. C'est un bon livre.

C. Chabrié,
Professeur à la Sorbonne.

3° Sciences naturelles

Jaccard (Paul), *Professeur à l'Ecole Polytechnique fédérale de Zurich.* — **Nouvelles recherches sur l'accroissement en épaisseur des arbres. Essai d'une théorie physiologique de leur croissance concentrique et excentrique.** — *Un vol. in-4° de* XII-200 *p., avec* 32 *planches hors texte,* 23 *tableaux et* 75 *fig.* (*Mémoire primé et publié par la* Fondation Schnyder von Wartensee *à Zurich*) (*Prix* : 30 *fr.*). *Librairie Payot et Cie, Lausanne et Genève*, 1919.

Dans ce travail considérable, l'auteur s'est proposé pour but l'étude des causes déterminant l'accroissement en épaisseur des arbres, ce qui l'a conduit à formuler une théorie physiologique de leur croissance concentrique et excentrique.

Il combat la théorie généralement adoptée qui est la suivante : Il paraît y avoir si peu de rapport entre la structure anatomique des arbres et la forme qu'ils acquièrent au cours de leur accroissement en épaisseur, qu'il semble légitime de rechercher la raison de cette forme, en dehors de la plante elle-même, dans la *sélection naturelle* s'exerçant conformément aux *exigences mécaniques*. C'est surtout le tissu fibreux qui serait le substratum de cette sélection, la proportion des vaisseaux et du parenchyme restant liée aux conditions de nutrition et de transpiration.

Par sélection naturelle, les arbres seraient arrivés à réaliser peu à peu la *forme mécaniquement la plus avantageuse*, c'est-à-dire présentant vis-à-vis des deux agents mécaniques auxquels ils sont soumis, la pesanteur et le vent, le *maximum de résistance avec le minimum de matériel*. Dans cette hypothèse, la tige étant parallèle à la direction de la pesanteur serait façonnée surtout par le vent, lequel, en provoquant par son action sur la cime des tensions et des compressions, déterminerait en chaque point l'apport de nourriture

et l'activité cellulaire nécessaires pour assurer la résistance du tronc.

La forme acquise par le tronc des arbres serait, d'une manière générale, *celle d'un fût d'égale résistance construit avec le minimum de matériel.* En somme, le vent jouerait un rôle prédominant dans la croissance des arbres. C'est l'opinion généralement admise par les forestiers; l'auteur ne la partage pas. Le vent est, en effet, un facteur très irrégulier, dont l'intensité, la direction et la fréquence varient considérablement d'une contrée à l'autre, sans qu'on observe cependant, dans la tige des arbres à cime régulière, de variations de formes correspondantes. L'auteur admet, toutefois, que les arbres ne sauraient présenter dans leur construction des particularités nettement contraires aux exigences de la Statique; il cherche seulement à établir que la forme de leur tronc et leur structure s'expliquent sans le secours de la sélection naturelle et en dehors de l'action mécanique du vent, par des *actions physiologiques actuelles.* Son argumentation vise les phénomènes de la nutrition et de la croissance et particulièrement l'influence morphogène de l'eau sur les variations qui, au cours de la croissance en épaisseur, se manifestent dans la forme paraboloïde ou plus ou moins cylindro-conique commune aux fûts de la plupart des arbres.

L'épaisseur acquise en chaque point de la tige par les couches d'accroissement annuelles, ainsi que leur structure anatomique, sont déterminées par les exigences de la circulation de l'eau et par celle des substances organiques, *spécialement par le rapport de ces deux courants circulant en sens inverse.*

Si les cellules génératrices, possédant des propriétés intrinsèques semblables, engendrent des éléments différents, c'est qu'elles sont placées vis-à-vis des deux courants qui règlent la croissance dans des conditions dissemblables.

Les cellules des racines ou de la portion inférieure de la tige et celles de la portion supérieure ne se trouvent certainement pas, vis-à-vis de la nutrition minérale et du courant d'eau, dans des conditions identiques. Les premières sont plus près de la source des matières minérales et de l'eau qui les transporte, les secondes, plus près du lieu de formation des substances organiques élaborées par les feuilles.

Etant donnée la diminution progressive du diamètre du fût de bas en haut (Epicea, p. ex.), le maintien d'une capacité conductrice constante nécessite la formation d'un *anneau plus large en haut qu'en bas.* Le transport d'une quantité d'eau donnée dans un temps donné exige une section conductrice plus grande, c'est-à-dire un nombre de vaisseaux ou de trachéides plus considérable. En fait, cette augmentation s'observe partout où un changement brusque de direction diminue la rapidité de la circulation de l'eau.

Il y a lieu de distinguer les variations de structure et de forme générale observées à divers niveaux des tiges et branches dans le cas de croissance concentrique et dans celui de croissance excentrique (plus particulière aux branches inclinées ou horizontales). Elles sont déterminées, dans le premier cas, par les conditions physiques de l'ascension de la sève minérale et par celles de l'écoulement de la sève organique; dans le second, par les actions mécaniques engendrées par la croissance inégalement rapide des côtés antagonistes de ces organes sous l'influence dissymétrique de la pesanteur, du géo- et du phototropisme.

Il y a d'ailleurs corrélation entre les exigences physiologiques et celles de la statique : le renforcement du squelette, conséquence de l'augmentation du diamètre de la tige, en même temps qu'il satisfait aux exigences primordiales de la statique, réalise géométriquement deux conditions physiologiques essentielles, à savoir : l'augmentation de la section conductrice avec le minimum de volume et le transport de l'eau par le plus court chemin.

Le fonctionnement physiologique de la plante est conditionné actuellement par les facteurs édaphiques et chimiques. Ce fonctionnement, qui est déterminé qualitativement par les propriétés spécifiques de chaque végétal, ne peut être modifié quantitativement que par le jeu des facteurs externes.

Dans tous les cas, il s'effectue toujours suivant les exigences de la dynamique intercellulaire, laquelle, pour un milieu donné, dépend, comme toutes les actions physico-chimiques, de la température, de la pression, du degré de fluidité et de la concentration du milieu, enfin de la distance entre les charges potentielles extrêmes.

Ces actions échappent complètement à l'influence de la sélection naturelle et ne sauraient être modifiées qualitativement que par les propriétés spécifiques et intrinsèques des diverses plantes; pas plus que les propriétés de la chaleur, de la pression ou de la lumière, elles ne diffèrent actuellement de ce qu'elles étaient autrefois.

Les variations du milieu cosmique ou tellurique, en retentissant sur les conditions de vie des organismes, ont pu provoquer la transformation de ceux-ci; la sélection, due à la concurrence, a pu favoriser la survivance de certaines formes; elle ne saurait avoir de prise sur les actions moléculaires qui règlent l'ascension de la sève, la dissociation de l'anhydride carbonique dans les feuilles ou l'écoulement des substances élaborées par les voies les plus rapides.

Et M. Jaccard conclut : « *Dans les limites données par la structure spécifique de chaque plante,* les variations de l'accroissement en épaisseur des arbres dépendent donc, avant tout, de l'action actuelle des facteurs climatiques et édaphiques d'une part, de la pesanteur et du géotropisme d'autre part.

« Vis-à-vis de ces agents physiques, les plantes vivant actuellement ne sont ni mieux, ni moins bien *adaptées* que les ancêtres des temps les plus reculés. »

Il nous est impossible de donner un aperçu plus détaillé de la théorie physiologique que l'auteur a longuement exposée et appuyée de très nombreux arguments fondés sur l'observation et sur l'expérimentation. Les expériences ont été effectuées sur plus de 200 arbres ou arbustes, dont une centaine cultivés dans le jardin d'essais attenant au laboratoire. Plus de 5.000 préparations ont été conservées, près de 1.000 photographiées. L'ouvrage, réduit d'ailleurs par suite des difficultés actuelles d'impression, est enrichi de 32 grandes planches hors texte représentant surtout des microphotographies obtenues *de négatifs sur papier bromure,* de 23 tableaux et 75 figures.

J. Beauverie,
Professeur à la Faculté des Sciences
de Clermont-Ferrand.

4° Sciences médicales

Masterman (E. W. G.), *M. D., F. R. C. S.* — **Hygiene and Disease in Palestine in modern and in biblical times.** *Avec une préface du Prof.* Al. Macalister, *F. R. S.* — *1 vol. in-8° de* xv-69 *p. avec* 5 *pl.* (*Prix : 2 sh.* 9 *d.*). *Palestine Exploration Fund*, 2, *Hinde Street, Manchester Square, Londres W.* 1, 1919.

Une des tâches les plus importantes qui incombent à l'Administration anglaise, depuis la libération de la Palestine du joug ottoman, est sans contredit l'amélioration de la situation sanitaire du pays, dont les troupes du Général Allenby eurent particulièrement à souffrir au cours de leur avance victorieuse. Ce qu'elle était sous le Gouvernement turc, on peut s'en faire une idée par la lecture de l'opuscule du Dr Masterman, qui dirigea pendant de longues années l'hôpital de la Mission anglaise à Jérusalem et qui est l'un des hommes connaissant le mieux le pays au point de vue hygiénique et médical.

La première partie de son ouvrage est consacrée aux maladies de la Palestine et de la Syrie modernes. Après avoir rappelé quelles sont les races qui habitent le pays, leurs coutumes et leur nourriture dans leurs rapports avec l'état sanitaire, puis décrit le climat et

les conditions de l'alimentation en eau (provenant presque uniquement des citernes), l'auteur passe en revue les maladies les plus communes parmi les indigènes et qui sont : la malaria, transmise par 5 espèces d'Anophélinés ; la dengue ; la fièvre récurrente ; la variole ; la dysenterie, surtout bacillaire, parfois amibienne ; le choléra ; la rage, provenant des morsures de chameau, de cheval et de chat aussi bien que de chien ; les affections rhumatismales ; la tuberculose, qui a fait des progrès effrayants en ces dernières années ; la lèpre (il y a environ 250 lépreux dans toute la Palestine) ; la syphilis (plus rare qu'en Europe) ; les parasites intestinaux, très fréquents ; les maladies de la peau, dues à la malpropreté, et celles des yeux (ophtalmie, trachôme, etc.), produisant d'assez nombreux cas de cécité. Cette partie se termine par un intéressant chapitre de folklore sur les idées que les indigènes se font de la cause des diverses maladies (le mauvais œil joue chez eux un rôle considérable) et les moyens qu'ils emploient pour les traiter.

La seconde partie, d'un intérêt plus rétrospectif, mais non moins grand, traite des maladies de la Bible. Dans un premier chapitre, sur l'« hygiène dans l'Ancien Testament », l'auteur examine les lois lévitiques ; d'intention religieuse plutôt qu'hygiénique, elles n'en ont pas moins exercé une influence favorable profonde sur la vitalité de la race hébreue, en inculquant des habitudes de tempérance et de moralité, en instituant un jour de repos sur sept et en établissant de grandes fêtes annuelles qui impliquaient un nettoyage minutieux des habitations, des pèlerinages et un changement d'habitudes bons pour la santé.

Envisageant ensuite « les maladies et la médecine dans l'A.T. », M. Masterman constate que la mention des maladies dans cette partie de la Bible est à la fois d'un caractère très général (ce sont presque toujours des maladies frappant une partie du peuple, des sortes d'épidémies) et très vague ; aussi la plupart des identifications qu'on a tentées ont-elles un caractère très spéculatif. Il est toutefois possible de reconnaître avec une quasi-certitude la peste bubonique, et le rôle des rats dans sa propagation. Par contre, la *zara 'ath* de la Bible paraît avoir été identifiée par erreur avec la lèpre moderne, car il est impossible d'attribuer à cette dernière les symptômes généraux et assez vagues décrits dans le Lévitique.

Les « maladies du Nouveau Testament », qui forment le sujet du chapitre suivant, offrent un caractère différent : ce sont plutôt des affections individuelles, et elles sont souvant désignées par des termes médicaux précis. Quelle était la nature exacte de ces maladies ? On a voulu y voir surtout des affections nerveuses, du genre de celles que les conditions de vie de la civilisation moderne ont beaucoup développées dans nos grandes villes, et sutout dans les classes privilégiées (neurasthénie, hystérie, etc.). Mais le Christ a surtout vécu dans les villages et les campagnes, parmi les travailleurs et les pauvres, et M. Masterman n'a jamais vu dans la Palestine actuelle, dans la même classe du peuple, vivant dans des conditions géographiques et sociales presque identiques à celles des premières années de l'ère chrétienne, de maladies nerveuses ou hystériques avec des symptômes morbides comparables à ceux qui sont décrits dans les Evangiles. La guérison de ces maladies a été l'objet de non moins vives discussions. Pour l'auteur, quiconque accepte tant soit peu l'historicité des Evangiles ne peut douter que le ministère public du Christ n'ait été accompagné de guérisons qui plongèrent ses contemporains dans l'étonnement et l'admiration.

Dans un Appendice, M. Masterman a retracé l'histoire de l'adduction des eaux potables à Jérusalem. L'alimentation a été assurée d'abord par de nombreuses citernes recueillant les eaux pluviales et par la captation de la source de Gihon sur laquelle est bâtie la ville et qui remonte à 3.500 ou 4.000 ans, puis par la construction, probablement vers l'époque romaine, des réservoirs dits de Salomon, retenant les eaux de l'Ouadi Artas, à 11 km. au sud de la ville, et des deux aqueducs amenant ces dernières, mélangées aux eaux de l'Ouadi Arrub, puis celles de l'Ouadi Biar, jusqu'à la ville ; ces grands travaux sont peu à peu tombés en ruine au cours des siècles. Les Anglais, dès leur installation à Jérusalem, ont remis en état les réservoirs de l'Ouadi Arrub, pompé l'eau jusqu'à un nouveau réservoir situé sur la route d'Hébron, d'où elle est maintenant distribuée dans la ville à raison de plus de 1.100.000 litres par jour.

Une courte bibliographie des sujets traités termine cet ouvrage, qui intéressera à des titres divers plusieurs catégories de lecteurs.

Dr A. Wauclin.

5° Sciences diverses

Benoist (Charles), *Membre de l'Institut, député de Paris.* — **Les nouvelles frontières d'Allemagne et la nouvelle carte d'Europe.** — 1 *vol. in*-16 *de* 184 *p. avec* 1 *carte hors texte* (*Prix : 5 fr.*). *Plon-Nourrit et Cie, éditeurs, Paris,* 1920.

M. Ch. Benoist a réuni dans ce volume le Rapport qu'il a présenté à la Chambre des Députés le 6 août 1919 au nom de la Commission chargée d'examiner le Traité de Versailles, sur les parties II et III de ce Traité (Frontières d'Allemagne, Clauses politiques européennes), et le discours qu'il prononça à la Chambre sur le même sujet.

Le commentaire de l'auteur s'inspire des remarquables travaux du Comité d'études, présidé par M. Ernest Lavisse, travaux présentés par des savants français, spécialistes des questions d'histoire et de géographie politiques et économiques, en vue d'éclairer et de fournir des arguments à nos négociateurs pendant la discussion du Traité de Paix. M. Charles Benoist, en faisant siennes les thèses de nos historiens et de nos géographes, ne ménage pas ses critiques au Traité, résultat d'un compromis entre les justes revendications françaises, les principes idéologiques du président Wilson et les vues particulières de l'Angleterre.

C'est ainsi que l'auteur regrette que notre frontière *militaire* de l'Est n'ait pas été reportée jusqu'au Rhin, « une des barrières naturelles les plus difficiles à franchir, même pour des armées modernes », et que notre frontière *politique* n'ait pas été ramenée à celle d'avant 1814, époque où nous possédions la ligne de la Sarre avec Sarrelouis et Sarrebrück, et la ligne de la basse Queich avec Landau. M. Ch. Benoist fait remarquer à l'appui de sa critique que, de 1815 à 1919, la situation est exactement retournée : tandis qu'en 1815, on pouvait prendre avec une apparence de raison des mesures de préservation contre les agressions et les menaces de l'Empire napoléonien, en 1919, c'est au contraire contre les agressions et les menaces du *Reich* allemand que l'on devait chercher et trouver des garanties.

Pierre Clergeot.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS
Séance du 12 Avril 1920

1° Sciences physiques. — M. **E. Ariès** : *L'équation d'état de l'éther.* L'auteur a tiré de son équation d'état des formules empiriques donnant la tension de vapeur, la différence des volumes moléculaires du fluide saturé et la chaleur de vaporisation de l'éther. La comparaison des valeurs calculées tirées de ces formules avec les valeurs obtenues expérimentalement par M. Sidney Young montre que les valeurs de la tension de vapeur s'approchent à moins de 1/200 de celles indiquées par le savant anglais ; l'approximation est moins grande pour les valeurs de la différence des volumes moléculaires. — M. **C. Zenghelis** : *Sur l'action des gaz extrêmement divisés.* L'auteur décrit un certain nombre d'expériences qui montrent que l'activité chimique des gaz (H, O, N) augmente beaucoup quand ces derniers se trouvent très finement divisés : on peut ainsi obtenir à la température ordinaire des réactions comme la réduction de CO^2 par H, la combinaison de H et N, etc. On peut expliquer par l'extrême division des gaz agissants beaucoup de réactions qui ont été attribuées à une prétendue énergie libre que les atomes possèdent quand ils agissent à l'état libre. — M. **Albert Gascard** : *Sur l'alcool myricique de Brodie.* L'alcool myricique a été découvert dans la cire d'abeille par Brodie, qui lui attribuait la formule $C^{30}H^{62}O$ et le point de fusion 85°. L'auteur a repris l'étude de ce corps qui, préparé à un état de grande pureté, fond à 87°. Son iodure répond à la formule $C^{31}H^{61}O$. On en retire un carbure fondant à 69° et pour lequel la formule $C^{31}H^{64}$ est la plus vraisemblable. L'alcool myricique diffère nettement du lacérol, dont la formule $C^{32}H^{66}O$ a été établie précédemment. — M. **S. Giaya** : *Le zinc dans l'organisme humain.* Les déterminations de l'auteur semblent montrer que la présence du zinc est constante dans les viscères humains, mais que la proportion y augmente avec l'âge du sujet. Elle varierait de 0,0009 gr. °/₀ chez l'enfant de 3 mois jusqu'à 0,005 gr. °/₀ chez le vieillard de 70 ans. Le zinc serait donc un élément normal de l'organisme humain, et en toxicologie il n'y aurait pas lieu d'attacher de l'importance à la présence de petites doses appréciables de zinc. — MM. **F. Diénert** et **Girault** : *Action des boues activées sur l'ammoniac de l'eau d'égout et de l'eau ordinaire.* Les auteurs ont reconnu que la disparition de l'ammoniaque, en présence des boues activées, se fait d'une façon à peu près identique dans l'eau d'égout et dans l'eau ordinaire additionnée d'ammoniaque.

2° Sciences naturelles. — M. **A. Lacroix** : *L'éruption de la Katla (Islande).* Le volcan de la Katla, silencieux depuis 1860, est entré en activité violente en octobre 1918, en projetant pendant près de 3 semaines d'énormes quantités de cendres incandescentes et produisant de terribles débâcles de glace. D'après tous les renseignements recueillis, cette éruption a été exclusivement explosive, et tel semble avoir été le caractère des 13 éruptions antérieures signalées dans ce volcan depuis la période historique. — M. **Ph. Glangeaud** : *Le geyser des Martres d'Artières (Puy-de-Dôme).* Ce geyser s'est produit subitement le 13 novembre dernier au cours d'un sondage pour recherche du pétrole. Depuis lors, il a eu une série d'éruptions intermittentes, jusqu'au 28 février où le niveau de l'eau est redescendu à 150 m. dans le trou de sonde. Ce geyser a rejeté en 31 jours environ 220.000 m³ d'eau minérale (contenant surtout des bicarbonates et des chlorures) et 2.000 m³ de substances solides (sables, argiles, bitume). L'acide carbonique, dont il s'est dégagé d'énormes quantités, paraît être le seul agent provocateur et moteur de l'éruption. — M. **A. Paillot** : *Sur le polymorphisme des Bactéries.* L'agent de la pseudograsserie des chenilles de *Lymantria dispar*, le *Bac. lymantricola adiposus*, peut présenter dans le sang de ces insectes des formes de croissance qui sont de véritables formes géantes. Chez les Vers gris, par contre, ce bacille s'allonge plus ou moins ou devient vacuolaire ; parfois, il se renfle dans la partie médiane tout en restant vacuolaire : il se forme ainsi de véritables anneaux. Le *Bac. melolonthae liquefaciens* γ, en culture depuis plus d'un an, inoculé dans le sang de chenilles de *Lymantria dispar*, donne des formes allongées avec noyau linéaire. — MM. **R. Legroux** et **J. Mesnard** : *Vitamines pour la culture des bactéries.* Les auteurs ont reconnu que les macérations de globules rouges ou de certains organes, obtenues par extraction à l'eau physiologique à 8° et filtration à travers la bougie Chamberland F, contiennent des substances qui sont pour le bacille de Pfeiffer un élément nécessaire à sa croissance. — M. **A. Krempf** : *Extension de la notion de métamérie ovo-aborale à l'organisation intérieure de la larve des Hexacoralliaires.* Les trois structures superposées accessibles à l'observation par l'examen de la forme extérieure des larves vivantes de *Pocillopora cespitosa* et de *Seriatopora subulata* (voir p. 260) répondent bien à des réalités anatomiques. Elles sont représentées, à l'intérieur de la cavité archentérique de la jeune larve, par un ensemble d'organes systématisés. Chacune d'elles offre, mais à un degré différent qui va croissant de l'une à l'autre, la manifestation d'un phénomène général d'atrophie ventrale. — MM. **H. Vallois** et **Peyron** : *Sur les premiers stades du développement du glomérule coccygien chez l'homme.* Primitivement considéré comme une formation atavique, représentant l'artère caudale des Mammifères à queue, le glomérule coccygien est actuellement interprété soit comme un paraganglion d'origine sympathique, soit comme un glomérule vasculaire artério-veineux. Les résultats des recherches des auteurs, effectuées sur une vingtaine d'embryons et fœtus humains du premier au quatrième mois, leur font écarter la théorie de l'origine sympathique ; l'origine conjonctivo-vasculaire leur paraît au contraire acquise, quoique dans un sens un peu différent de celui de Schumacher.

ACADÉMIE DE MÉDECINE
Séance du 23 Mars 1920

M. **Al. G. Phocas** : *L'influence du calcium sur la glucosurie.* Le fait qu'une injection de $CaCl^2$ fait disparaître la glucosurie expérimentale provoquée par les ions sodium, et l'antagonisme dynamique bien connu qui existe entre les ions Na et les ions diatomiques Ca, a amené l'auteur à penser que l'administration du Ca à certains diabétiques agirait favorablement. Aux sels de Ca il a donné la préférence à l'eau de chaux, qui, par son alcalinité, peut servir à combattre l'acidose et à relever le pouvoir oxydant pour le glucose. Chez 9 malades, l'administration d'eau de chaux a fait disparaître ou diminuer considérablement le sucre dans l'urine. C'est par la réinstallation de l'équilibre entre les ions Na et Ca que l'action du régime lacté absolu, qui très souvent fait cesser la glycosurie, pourrait être expliquée. — MM. **Ardin-Delteil** et **Derrieu** : *Note sur l'existence chez l'homme de formes évolutives du spirille de la fièvre récurrente.* Les auteurs ont retrouvé, chez des indigènes algériens au cours d'une épidémie de fièvre récurrente, toutes les formes intermédiaires entre les légères surélévations qui apparaissent à la surface du Protozoaire et les corpuscules et les corps fusiformes qui se trouvent dans le liquide céphalo-rachidien. A l'état normal, le

Protozoaire doit se diviser par cinèse normale. Sous l'influence de certaines conditions, peut-être dans les états de moindre résistance, on peut supposer qu'il entre en parthénogénèse et que ces chromidies se poussiérisent à la périphérie dans des corpuscules et des corps fusiformes pourvus d'un peu plus de chromatine.

Séance du 30 *Mars* 1920

M. **A. Netter** : *Le traitement de l'encéphalite léthargique.* En raison des analogies de l'encéphalite léthargique avec la polyomyélite, l'auteur a été amené à admettre que l'encéphalite léthargique est provoquée par un virus filtrant qui doit exister au niveau des éléments nerveux, mais être également présent dans le nez, la gorge, la bouche. Comme bactéricide général exerçant son action sur les centres nerveux, il administre, par voie buccale, l'hexaméthylènetétramine en fractionnant les ingestions. Puis, chez tous les malades atteints de formes graves, il injecte le plus tôt possible, dans la région externe de la cuisse, 1 ou 2 cm^3 d'essence de térébenthine, dans le but d'obtenir la formation d'un abcès. L'administration du jaborandi ou de la pilocarpine, enfin, hâte l'élimination du virus par la salive. L'application de ces principes a conduit l'auteur à des guérisons inespérées. L'administration de préparations d'arsenic et d'antimoine ne doit pas être recommandée actuellement. — M. **Aug. Lumière** : *Sur l'anorexie chez le pigeon nourri au riz décortiqué et le rôle des vitamines dans la nutrition.* Les expériences de l'auteur montrent que les pigeons soumis au régime du riz décortiqué meurent, en général, parce qu'ils perdent l'appétit, et cette anorexie semble due principalement à l'insuffisance du fonctionnement des glandes à sécrétion externe dont l'activité normale paraît exiger la présence, dans les aliments, de substances qui les excitent. Les vitamines interviendraient donc pour remplir ce rôle excito-sécrétoire, ainsi que pour maintenir le tonus des organes de la digestion.

Séance du 6 *Avril* 1920

M.M. **Labbé** : *L'acidose au cours des affections aiguës de l'abdomen.* La véritable raison de l'acidose dans ces maladies doit être recherchée dans un trouble hépatique fonctionnel secondaire à l'infection ; cependant, on ne saurait conclure de l'absence d'acidose au cours d'une infection générale à l'absence de troubles fonctionnels hépatiques. — M. **A. Frouin** : *Traitement des ulcères variqueux, des métrites chroniques, des chancres mous, par les sels de terres cériques.* Les sels de terres rares et en particulier les sulfates du groupe cérique, qui sont moins irritants que les nitrates et les chlorures, ont une action antiseptique. Les solutions de ces sels à 2 ou 4 % favorisent la cicatrisation, la formation du derme et des couches épithéliales.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 27 *Mars* 1920

MM. **E. Bardier** et **E. Martin-Sans** : *Variabilité de la toxicité du gui suivant son hôte.* La toxicité du gui varie suivant son hôte. Par rapport au gui de sapin et de pommier, le gui de peuplier est beaucoup plus toxique. La dose de ce dernier provoquant la mort immédiate par injection intraveineuse est en chiffres ronds de 0,2 gr. pour le chien et 0,3 gr. pour le lapin par kg. d'animal. Avec les guis de sapin et de pommier, des doses notablement supérieures aux précédentes n'ont pas provoqué la mort ou ne l'ont provoquée que tardivement. Cette différence de toxicité est très importante à connaître au point de vue pratique. — M. **H. V. Vallois** : *La formation progressive du biceps crural chez les Anthropoïdes et chez l'homme.* Les deux chefs du biceps crural représentent deux muscles différents, à la fusion progressive desquels on assiste chez les Anthropoïdes, à mesure qu'augmente la possibilité d'extension du genou. Chez l'homme, seul Primate où, par suite de la marche bipède, cette extension peut être totale, les deux muscles sont intimement unis, mais leur moindre union chez les fœtus indique encore que c'est là une disposition secondaire. — MM. **C. Levaditi** et **P. Harvier** : *Recherches sur le virus de l'encéphalite léthargique.* Les expériences des auteurs montrent que : 1° le virus de l'encéphalite est inoculable au lapin par voie oculaire ; 2° le virus de l'encéphalite est pathogène pour le cobaye après passage sur le lapin ; 3° le sérum des malades atteints d'encéphalite à forme léthargique et myoclonique n'a pas neutralisé le virus de passage, tout au moins dans les conditions usitées : sérum de malades convalescents depuis un mois. — M. **Ed. Retterer** : *De la forme et de la structure du ménisque de l'articulation temporo-maxillaire.* Le ménisque se moule, à l'état de repos, sur les surfaces articulaires avec lesquelles il est en contact. Voilà pourquoi sa face inférieure est concave, tandis que la conformation de sa face supérieure est des plus variables en raison des formes différentes que présente, chez les Mammifères, la surface articulaire du temporal. Ces faits prouvent que le facteur mécanique joue le rôle capital dans le développement des cellules vésiculeuses. — M. **H. Magne** : *Influence de la température extérieure sur la grandeur de la dépense d'énergie occasionnée par le travail musculaire.* Quand un animal accomplit un exercice musculaire, il est obligé de faire, pour y subvenir, une certaine dépense d'énergie qui se réduit en chaleur, en totalité ou en partie suivant le travail extérieur accompli. Il semble que cette production thermique ne doit pas être entièrement perdue pour l'organisme, mais qu'elle peut remplacer, en totalité ou en partie, la chaleur de régulation que le sujet aurait été forcé de produire s'il était resté au repos. L'auteur a cherché à élucider ce point par des expériences sur la souris effectuant un travail musculaire soit à 35°, soit à 10°. Le prix apparent du même travail dans le milieu chaud est presque triple que dans le milieu froid. Il apparaît donc bien que la chaleur résiduelle du travail musculaire n'est pas totalement perdue pour l'homéotherme. — M. **Le Fèvre de Arric** : *L'intervention des opsonines spécifiques dans le phénomène d'accolement des microbes aux plaquettes sanguines.* Les opsonines spécifiques du sérum des animaux immunisés, résistantes à la chaleur et fortement actives pour la phagocytose, interviennent dans l'accolement des microbes sensibilisés aux plaquettes sanguines, aussi bien que le fait l'opsonine normale dans le cas de l'immunité naturelle. Le passage de l'état réceptif à l'état d'immunité acquise s'accompagne de l'exaltation de ce phénomène de thigmotropisme pour les plaquettes par le mécanisme des opsonines spécifiques.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 5 *Mars* 1920

M. **E. Delsol** : *Sur un paradoxe apparent de la théorie cinétique des gaz.* Au cours d'expériences déjà anciennes, l'auteur a constaté des faits qui mettent en contradiction d'une part la théorie des turbines à vapeur que l'on enseigne dans toutes les écoles d'ingénieurs, d'autre part la thermodynamique classique : si la première était exacte, on pourrait obtenir des turbines à vapeur un rendement plus grand que le maximum fixé par la seconde. Il s'est alors proposé de remplacer cette théorie par une autre, fondée sur la théorie cinétique des gaz, dont il expose brièvement la partie relative à l'écoulement des gaz à travers des ajutages étroits. Il rappelle que l'on doit considérer comme des vérités nécessaires et non comme des hypothèses les principes de la théorie cinétique des gaz. On en déduit que les notions de pression, de température, de chaleur spécifique, d'entropie, qui pour un gaz en équilibre statique sont parfaitement déterminées, perdent toute signification quand il s'agit d'un gaz en mouvement, *à moins que ce gaz ne soit isotrope, ce qui, on peut l'affirmer, est exceptionnel. L'auteur donne des exemples de gaz non isotropes.* En ce qui concerne la pression, il y a, *dans ces gaz*, en chaque point, autant de pressions

différentes que de directions différentes. On ne peut donc pas se servir des variables qui correspondent aux notions susdites pour définir l'état ni les transformations de ces gaz. Comme on ne sait pas non plus présentement utiliser à cette fin les variables ordinaires de la Mécanique, coordonnées et vitesses, il ne reste pour l'étude des gaz en mouvement que le bon sens, aidé et contrôlé par l'expérience. Avec ces seules ressources, et en se contentant de l'approximation que comporte un raisonnement qui n'est pas mathématique, l'auteur détermine, en chaque point d'une veine gazeuse, la vitesse d'écoulement, la densité et la pression sur un élément plan lié à l'ajutage, tant dans la direction de l'écoulement que dans la direction opposée et dans les directions perpendiculaires. Ses conclusions sont confirmées par ses propres expériences et par celles de Stodola ; elles expliquent tous les faits observés par lui-même ; la théorie cinétique reçoit ainsi une confirmation expérimentale. Mais elle reste, comme la théorie classique des turbines, en contradiction avec la Thermodynamique de Clausius. L'auteur montre, en effet, que, au moyen d'un appareil qui dérive de celui dont il s'est servi dans ses expériences, on peut théoriquement, en utilisant l'énergie interne d'un gaz, et sans avoir recours à aucune autre source d'énergie, comprimer ce gaz et obtenir un certain travail mécanique. C'est le paradoxe qu'il s'est proposé de signaler. Mais il montre aussi que la compression ne consomme aucun travail mécanique, parce que, d'une part, les molécules du gaz ne se repoussent pas les unes les autres, et que, d'autre part, grâce au dispositif employé, elle s'opère sans qu'il y ait à leur fournir le supplément de force vive, c'est-à-dire la chaleur qu'elles reçoivent des compresseurs ordinaires. Quant au travail mécanique, il est produit par la transformation de la force vive préexistante des molécules, et la température finale du gaz, quand il a repris son équilibre, est inférieure à sa température initiale. Le gaz étant rendu à une pression au moins égale à sa pression initiale, il n'y a pas de travail à dépenser pour le ramener à son état initial ; il faut seulement lui restituer la chaleur transformée en travail. On a donc une machine thermique qui fonctionne avec une seule source de chaleur, contrairement au principe de Clausius; mais on voit pourquoi et comment elle fonctionne, de sorte qu'il y a là, en réalité, non pas un paradoxe, mais la preuve que le principe de Clausius n'a pas la généralité qu'on lui attribue. — M. **P. Langevin** : *Utilisation de la détente pour la production des courants d'air de grande vitesse.* La détente directe dans l'atmosphère de l'air comprimé tel qu'il est fourni par le réseau parisien de distribution (pression de 6 atm. 5 environ) permet, conformément à la théorie classique, d'obtenir des veines gazeuses atteignant la vitesse de 500 m. par seconde si l'air comprimé est pris à la température ambiante et pouvant aller notablement au delà de cette vitesse grâce à un réchauffement préalable (700 m. environ pour un réchauffement de 300°). Ce sont précisément les vitesses couramment utilisées dans les tirs d'artillerie, et l'auteur a pensé qu'on pouvait profiter de cette circonstance pour effectuer au point fixe des mesures intéressantes pour la balistique. Des expériences ont été poursuivies dans ce sens avec la collaboration de MM. Vaillant et Saphores; l'aspect physique des résultats obtenus fera l'objet d'une communication ultérieure, mais l'auteur croit utile de signaler, à propos de la communication de M. Delsol, que ces expériences ont fourni l'occasion de vérifier, à l'ordre de précision des mesures, les prévisions de la théorie, prévisions sur lesquelles la Thermodynamique et la théorie cinétique des gaz sont d'ailleurs entièrement d'accord. *La seule hypothèse qui intervienne dans la théorie classique de l'écoulement des fluides compressibles est, en effet, l'existence d'une pression isotrope en chaque point pour des observateurs liés au fluide* en ce point, ce qui revient à considérer comme négligeables les effets de viscosité et de conduction thermique ; la théorie cinétique légitime cette hypothèse, dans les cas où la turbulence du mouvement est faible (faible intensité des tourbillons), en montrant que la distribution des vitesses de Maxwell, dans chaque élément de volume par rapport au centre de masse de l'élément se rétablit en un temps extrêmement court (supérieur à 10^{-8} seconde dans les conditions habituelles) lorsqu'elle a été troublée. Il est donc légitime, *en première approximation*, d'admettre en chaque point du gaz l'existence d'une pression isotrope (pour des observateurs liés au gaz) et d'une température bien définie reliée à la pression par la loi ordinaire de détente adiabatique. Les formules habituelles permettant de traiter les problèmes de détente sont fondées sur cette seule hypothèse. Les expériences dont il est ici question ont permis de vérifier l'exactitude de ces formules de la manière suivante : Le débit, aux vitesses indiquées, d'une veine de 10 cm. de diamètre seulement est beaucoup trop considérable pour qu'on puisse songer à l'entretenir de manière continue; l'auteur a utilisé l'évacuation d'un réservoir d'environ 6 m^3 à travers une tuyère dont la section contractée était un cercle de 8 cm. de diamètre. La théorie montre que la veine détendue conserve une température constante pendant toute l'évacuation avec une vitesse constamment décroissante, et permet de calculer suivant quelle loi la pression à l'intérieur du réservoir doit varier en fonction du temps. Un enregistrement des variations de la pression a donné des résultats en parfait accord avec la théorie pendant tout le temps (une dizaine de secondes) que durait l'évacuation régulière du réservoir, c'est-à-dire tant que la section contractée de la veine avait le diamètre imposé par la tuyère et utilisé dans le calcul. D'autres vérifications de la théorie, relatives à la loi suivant laquelle varient en fonction de la vitesse les efforts exercés par la veine sur un obstacle fixe qui s'y trouve placé, ont également pu être obtenues et seront indiquées ultérieurement. M. **Delsol** se déclare non convaincu par les arguments de M. Langevin, la théorie de ce dernier étant en contradiction absolue avec le résultat de ses propres expériences.

Séance du 19 *Mars* 1920

MM. **Ch. Chéneveau** et **R. Audubert** : *Sur quelques propriétés optiques des milieux troubles.* Le but principal de ce travail a été d'étudier le changement de l'absorption par les milieux troubles dont les particules ont des dimensions supérieures à la longueur d'onde de la lumière incidente, en faisant varier systématiquement le nombre des particules et leur diamètre. Les déterminations ont surtout porté sur des suspensions de mastic et de gomme-gutte sélectionnées par centrifugation fractionnée (ce choix a été guidé par ce fait que les particules sont dans ce cas sphériques et transparentes); mais les auteurs ont pu étendre leurs résultats à des émulsions d'huile dans l'eau et d'eau dans l'huile, à des précipités très fins de chlorure d'argent, de sulfate et de chromate de baryum et même à des inclusions de sphérules liquides dans des résines solides. Les mesures d'absorption ont été effectuées à l'aide du spectrophotomètre Féry ; les numérations et les diamètres ont été déterminés au moyen du microscope. Les conclusions les plus importantes sont les suivantes : 1° L'absorption n'est pas seulement fonction du diamètre d, mais aussi, comme les auteurs l'ont les premiers démontré, du nombre de particules N par unité de volume. 2° Cette absorption

$$(1) \qquad 1 - \frac{I}{I_0} = e^{-\frac{Ad^{\beta}}{(Nd^3)^{\alpha}}}$$

(I, intensité transmise; I_0, intensité initiale) dépend surtout du volume total des particules et non uniquement de leurs dimensions ou de leur nombre, ou même de leur forme. L'expérience montre que α est seulement fonction de la longueur d'onde, que β dépend de la nature de la particule et que A varie, à la fois, avec la longueur d'onde et la nature de la particule. 3° Cette absorption peut être également évaluée à l'aide d'une

transformation de la formule de Lord Rayleigh, généralisée par Boutaric, qui mène au résultat suivant :

$$(2) \qquad 1 - \frac{I}{I_0} = 1 - e^{-\frac{KNd}{\lambda n}},$$

K étant un coefficient ne dépendant que des propriétés optiques des granules et du milieu intergranulaire, n étant, d'une façon générale, l'exposant de la longueur d'onde, qui n'a, sans doute, la valeur 4 que pour des particules extrêmement petites. 4° En faisant systématiquement l'étude de la dispersion par diffusion intérieure, c'est-à-dire celle de la variation de n en fonction de N et de d, on trouve que, pour des milieux à grosses particules (1μ à 12μ), cet exposant dépend à la fois de la grosseur, et, fait nouveau, du nombre des particules ; il peut présenter, suivant les cas, des minima plus accentués pour les gros diamètres ou pour les faibles concentrations : il peut, en outre, prendre des valeurs indifféremment positives ou négatives suivant que le bleu est plus dispersé que le rouge ou inversement. 5° Pour des mélanges constitués par des particules de différents diamètres, n est une fonction logarithmique du nombre N de particules. 6° Ce résultat, ainsi que l'explication des minima signalés précédemment, peuvent d'ailleurs être déduits du calcul de n d'après les valeurs (1) et (2), égales, de l'absorption. 7° Il est facile d'établir, théoriquement ou par l'expérience, que, si l'on suppose un milieu trouble constitué par un mélange de grains de diamètres différents, on a une fonction exponentielle simple entre l'absorption et le volume total ou la masse totale M des particules :

$$1 - \frac{I}{I_0} = e^{-\frac{B}{M^\beta}},$$

B et β étant deux coefficients dépendant seulement de la nature des grains en suspension et de la longueur d'onde de la lumière utilisée. On peut donc, par la mesure directe de I/I_0, évaluer la teneur d'une suspension, à condition qu'il n'y ait pas sédimentation immédiate. 8° La diffusion de la lumière par les milieux troubles fait intervenir le phénomène de diffraction si les particules sont de diamètre inférieur à la longueur d'onde de la lumière incidente ; mais il est vraisemblable de supposer que, lorsque les particules ont des dimensions notables par rapport à la longueur d'onde et sont transparentes, ce sont probablement les phénomènes de réflexion et de réfraction qui prennent de l'importance. En admettant, par exemple, que la vitesse de la lumière subisse à la surface de séparation des particules et du milieu intergranulaire une perte par réflexion, dépendant des indices de réfraction de la particule et du milieu interparticulaire, on peut calculer l'indice de réfraction d'un milieu trouble (dans tous les cas, supérieur à celui du milieu intergranulaire) et trouver expérimentalement un résultat identique en faisant porter les mesures sur de faibles épaisseurs. D'ailleurs, la même théorie montre que, si les particules transparentes sont en suspension dans un milieu de même indice de réfraction, elles ne produisent aucun trouble optique ; c'est ce qui est réalisé par des suspensions de résines provenant de la dissolution de certains caoutchoucs dans le benzène. — MM. **Ch. Chéneveau** et **R. Audubert** : *Sur un néphélémètre.* Divers expérimentateurs ont déjà songé à évaluer la différence des concentrations de deux suspensions en comparant les intensités de lumière diffusées par elles. Cette méthode, dite *néphélémétrique*, paraît aux auteurs incorrecte, sauf pour des suspensions à grains très fins, à cause de la variation que subit avec la concentration l'exposant n de la longueur d'onde dans la formule de Lord Rayleigh généralisée par Boutaric (voir plus haut). Les auteurs ont montré que, pour un milieu trouble hétérogène, le rapport I/I_0 de la quantité de lumière transmise par un tel milieu à la quantité de lumière incidente est une fonction exponentielle simple de la masse totale M des particules en suspension dans le liquide intergranulaire ; ils ont alors indiqué comment on pouvait déduire la masse d'une courbe établie expérimentalement et représentant la fonction $I/I_0 = f(M)$ pour une longueur d'onde déterminée. MM. Vlès, de Watteville et Lambert ont imaginé depuis un opacimètre, pour doser des émulsions microbiennes, permettant aussi le tracé d'une courbe-étalon. Mais on peut réaliser un appareil simple dont voici le principe : Pour évaluer le rapport I/I_0, on compense, par l'absorption d'une lame prismatique de verre à teinte neutre, l'absorption due au milieu trouble. Pour un milieu de nature donnée, il suffit alors de déterminer, en lumière monochromatique, la courbe reliant les masses M de particules dans des émulsions titrées aux déplacements x du prisme compensateur. Les lois d'absorption étant de forme exponentielle pour le verre et pour le milieu trouble, il est facile de voir que la courbe est une ligne droite. *Le déplacement de la lame de verre varie proportionnellement à la masse totale des particules en suspension;* de sorte qu'il suffit de deux expériences avec des émulsions titrées pour obtenir l'étalonnage de l'appareil. Le modèle d'essai réalisé comprend deux prismes éclairés par la lumière homogène émanant d'une lentille au foyer de laquelle se trouve une lampe à incandescence. Par une double réflexion, l'un des prismes renvoie le faisceau transmis par le milieu trouble et l'autre prisme le faisceau qui a traversé la lame prismatique de verre noir, dont la déviation est annulée par un prisme de verre blanc collé en sens contraire. Les deux faisceaux transmis sont ainsi réunis côte à côte dans une lunette, où le trou pupillaire de l'oculaire est recouvert d'un écran vert. Il suffit de déplacer la double lame jusqu'à ce que, son absorption compensant celle du milieu trouble, les deux plages lumineuses paraissent également éclairées dans la lunette. La lame de verre noir étant entraînée par un cadre, mû par crémaillère et pignon, on peut facilement mesurer son déplacement à l'aide d'une graduation mobile, avec le cadre, devant un index fixe porté par le support du cadre. Les expériences faites ont montré qu'on pouvait compter sur une précision de 2 à 5 %. Un tel appareil peut avoir des applications scientifiques ou industrielles nombreuses : titrage des corps par précipitation, étude des réactions, de leur vitesse, dosage des émulsions microbiennes, colloïdales, etc.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 27 Février 1920

MM. **Ch. Moureu, Ch. Dufraisse, P. Robin** et **J. Pougnet** : *Sur la stabilisation de l'acroléine* (voir p. 60). — M. **P. Nicolardot** : *Examen d'un caoutchouc factice.* L'examen d'un caoutchouc factice consiste en général à déterminer la proportion des diverses substances qui entrent dans sa composition (gomme régénérée, huiles cuites, gélatine, gelées végétales, matières minérales, couleurs, etc.). Rarement, il est demandé d'établir l'origine exacte du produit. L'auteur montre comment, dans un cas particulier pour lequel ce dernier point était considéré comme le plus important à connaître avec la composition du caoutchouc factice, son origine a été déterminée d'une manière indiscutable. Il a suffi de généraliser le procédé servant à caractériser la présence de la gélose dans les confitures. L'existence de diatomées très spéciales a été constatée dans la gelée végétale qui formait l'un des constituants de ce caoutchouc factice et a permis d'en établir l'origine d'une manière sûre. — M. **G. Mignonac** : *Sur les cétimines. Nouvelle méthode de préparation des cétimines.* Si l'on dirige sur un catalyseur de déshydratation, maintenu à une température convenable, un mélange de gaz ammoniac et de cétone, on peut obtenir les cétimines : $RR'C : O + NH^3 = RR'C : NH + H^2O$. L'auteur utilise comme catalyseur l'oxyde de thorium. L'*acétophénone* soumise à l'action du gaz ammoniac à 380-390° en présence de ThO^2 donne la méthylphényl-

cétimine qui a été séparée à l'état de chlorhydrate. La *propiophénone*, traitée dans les mêmes conditions que l'acétophénone, a conduit à l'éthylphénylcétimine, dont le chlorhydrate fond à 145° (avec déc.). La *cyclohexanone*, soumise au même traitement que les cétones précédentes, mais à température plus basse (300-330°), n'a donné qu'une quantité extrêmement faible de cyclohexylcétimine. On obtient surtout les produits qui résultent de sa condensation. Il se forme entre autres de la N-cyclohexylcyclohexylcétimine, Eb. 134-135° sous 17 mm. La *benzophénone*, entraînée par un courant rapide de gaz NH^3 sur de l'oxyde de thorium chauffé à 380-400°, est presque quantitativement transformée en diphénylcétimine $(C^6H^5)^2C = NH$.

Séance du 12 *Mars* 1920

MM. **M. Délépine** et **Compin** : *Sur les xanthates de cobalt et de nickel.* Les auteurs ont observé que l'éthylxanthate de cobalt possède, en solution, une belle couleur verte, si semblable à celle des thiosulfocarbamates que les auteurs ont pensé qu'elle traduisait une similitude de constitution; autrement dit, que le corps n'avait pas pour formule $(C^2H^5O.CS)^2Co$ comme l'avait dit Hlasiwetz, mais $(C^2H^5O.CS^2)^3Co$, semblable à celle des thiosulfocarbamates verts dérivés du cobalt trivalent (Rosenheim et Davidson avaient déjà relevé l'erreur de Hlasiwetz). Les auteurs ont vérifié pour divers xanthates (méthyl, propyl, amyl, benzyl, etc.) que la couleur verte était corrélative de la présence de cobalt trivalent. Mais en même temps, comme pour les thiosulfocarbamates, il se fait du sel cobalteux brun, en quantité d'autant plus forte que le poids moléculaire est plus élevé. Les couleurs vertes des solutions des thiosulfocarbamates et xanthates cobaltiques ont été étudiées comparativement dans le spectre visible et l'ultraviolet; il y a des ressemblances considérables qui montrent que l'influence du groupement commun des deux espèces de sels $[-CS.S]^3Co$ domine les singularités du reste de la molécule. — M. **Paul Fleury** expose les principaux résultats qu'il a obtenus dans l'étude de *l'action de l'iode sur l'acide arsénieux et ses dérivés phénylés* : oxyde de monophénylarsine, oxyde de diphénylarsine et triphénylarsine. Il montre que l'iode, en présence de l'eau, agit d'une façon identique sur ces quatre corps en les transformant en dérivés de l'arsenic pentavalent — et en donnant lieu à une réaction d'équilibre. Toutefois l'oxydabilité par l'iode augmente à mesure que croît le nombre des substitutions phénylées. Il signale et étudie l'action des iodures qui déplacent l'équilibre dans le sens inverse (réduction de l'arsenic pentavalent). A doses suffisantes, ils peuvent même inverser presque totalement le sens de la réaction. L'alcool agit d'une façon tout à fait comparable.

Séance du 26 *Mars* 1920

M. **R. Dubrisay** expose à la Société les résultats de recherches qu'il a effectuées sur *l'altération des flacons de verre employés dans les laboratoires* par des mesures de tension superficielle. Ces recherches ont conduit à des conclusions tout à fait analogues à celles qui avaient été obtenues avec d'autres méthodes pour l'altération des verres ordinaires. Elles ont permis également de vérifier que la résistance à l'action de l'eau bouillante de récipients fabriqués en France depuis la guerre était de même ordre que la résistance des verres allemands. — M. **M. Tiffeneau** et Mlle **Levy** : *Sur les iodhydrines du camphèneglycol.* Les auteurs ont étudié les deux iodhydrines isomères que donne le camphène avec l'acide hypoiodeux : $>C\text{-}OH\text{-}CH^2I$ et $>CI\text{-}CH^2OH$. Seule la première, remarquablement stable vis-à-vis de la potasse alcoolique et du nitrate d'argent, a pu être isolée à l'état de pureté. Eb. = 112-115° sous 20 mm.; 240° sous 760 mm.; $d_{20} = 1.486$; $\alpha^D = +78°,20$. Cette iodhydrine est réductible par ébullition prolongée de sa solution alcoolique avec la poudre de zinc; elle est réduite plus rapidement par les dérivés organomagnésiens avec production de camphène, ce qui montre que cette iodhydrine appartient bien au type camphène. L'autre iodhydrine, qui se forme en quantité moindre, est décomposée par le nitrate d'argent avec élimination de HI et formation d'un produit oxygéné bouillant vers 205-215° qui ne donne pas de semicarbazone; ce n'est donc pas l'aldéhyde camphénylanique normalement attendue. C'est sans doute l'oxyde d'éthylène correspondant ou peut-être un produit de transposition.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 12 *Février* 1920

Sciences physiques. — MM. **C. V. Raman** et **B. Banerji** : *Sur la théorie de Kaufmann du choc du marteau dans le piano.* Les auteurs ont cherché à reviser et à étendre la théorie, développée par Kaufmann, du choc du marteau de piano. Ils montrent que l'hypothèse approchée, d'après laquelle la partie de la corde entre le point frappé et l'extrémité la plus proche reste droite aussi longtemps que le marteau est en contact avec la corde, n'est pas satisfaisante et ne peut plus être appliquée quand cette partie de la corde forme une fraction appréciable de l'ensemble. Le cas général, où une particule non élastique frappe un point quelconque de la corde, est ensuite traité rigoureusement et soumis au calcul numérique. Les auteurs déterminent la façon dont varie la force exercée par la particule frappante, en partie d'après les solutions fonctionnelles des équations de la propagation des ondes, en partie d'après la théorie des vibrations normales. Les calculs numériques ont été exécutés d'après les composantes de la force pour un rapport particulier des masses de la corde et de la particule frappante, et pour 27 positions différentes du point de choc; la durée de contact s'en déduit par une méthode graphique. Un résultat intéressant de ces recherches, c'est que la durée de contact n'augmente pas d'une façon continue lorsque le point de choc s'éloigne d'une extrémité de la corde, mais qu'elle est sujette à des fluctuations discontinues. En somme, les résultats expérimentaux confirment les indications de la théorie. — MM. **T. Y. Baker** et **L. N. G. Filon** : *Sur une théorie de l'aberration sphérique longitudinale de second ordre pour un système optique symétrique.* Les auteurs ont obtenu, pour l'aberration sphérique longitudinale dans un système optique symétrique, une formule du type : $\Delta x = (At^3 + Et^5)/(1 + Bt^2)$, où Δx est l'aberration sphérique longitudinale sur l'axe, t l'inclinaison sur l'axe du rayon émergent calculée par la méthode de Gauss, et A, B, E des polynomes du grossissement de degrés 4, 3 et 6 respectivement. Une formule de ce genre est, en général, supérieure comme exactitude numérique aux deux premiers termes de la série usuelle d'aberrations d'ordre successif; elle élimine certaines difficultés en relation avec la convergence qui se présentent dans les méthodes aujourd'hui en usage. En particulier, les développements en puissances de fonctions trigonométriques de l'inclinaison vraie du rayon émergent ne sont pas satisfaisants. Les auteurs ont obtenu certaines relations invariantes entre A, B et E en général, et qui en facilitent le calcul. Ils indiquent des formules permettant de calculer les fonctions A, B et E pour une combinaison de lentilles quand on possède les fonctions correspondantes pour les lentilles individuelles. — MM. **R. E. Slade** et **F. C. Toy** : *Nouvelle méthode de spectrophotométrie dans le spectre visible et l'ultra-violet et absorption de la lumière par le bromure d'argent.* Les auteurs décrivent une nouvelle méthode pour mesurer l'absorption de la lumière par une substance; cette méthode est indépendante de la relation qui existe entre la densité et l'exposition de la plaque photographique. Par cette méthode, les auteurs ont trouvé les valeurs suivantes pour le coefficient d'extinction du bromure d'argent aux diverses longueurs d'onde :

λ	k	λ	k
450 μμ	270	400 μμ	2.000
440 »	410	390 »	2.790
430 »	600	380 »	3.800
420 »	900	370 »	5.100
410 »	1.380	360 »	6.700

Ce coefficient d'extinction est défini par la formule :

$$I_2 = I_1 e^{-kd_1},$$

où I_1 et I_2 sont les intensités de la lumière en des points distants de d cm. dans le milieu absorbant. L'erreur moyenne d'une quelconque de ces valeurs est moindre que 3°/₀. — MM. **J. W. Mc Bain** et **C. S. Salmon** : *Les électrolytes colloïdaux. Les solutions de savon et leur constitution.* Les auteurs exposent une théorie complète des solutions de savon, basée sur la notion d'électrolytes colloïdaux, sels dans lesquels un des ions a été remplacé par une micelle ionique. La micelle ionique, dans le cas du savon, présente une conductibilité équivalente égale à celle de l'ion K, et double de celle de l'ion palmitate qu'elle a remplacé. Sa formule peut correspondre à $(P')_n . m(H^2O)$, mais elle est plus probablement $(Na\,P')_x (P')_n . H^2O_m$, où P' est l'anion de l'acide gras en question. En solutions concentrées, les savons existent principalement sous forme colloïdale, avec l'ion Na ou K, équivalent à la micelle ionique présente, tandis qu'en solution diluée les savons dissociés ou non sont des cristalloïdes de poids moléculaire simple. Dans les mélanges de savons, il y a tendance à former plus de micelles ; l'addition d'électrolytes exerce une influence opposée, déshydratante et ralentissant la dissociation. La conception de la micelle ionique permet d'expliquer la façon dont se comportent les solutions de colorants, d'indicateurs et de protéines. — MM. **C. C. Farr** et **D. B. Macleod** : *Viscosité du soufre.* La viscosité du soufre purifié (distillé 2 fois mais non exempt de gaz) est de 0,194 unités C.G.S. à 123° C. ; elle passe par un minimum de 0,0709 à 150° C., puis recommence à croître jusqu'à 159°, où l'augmentation devient encore plus marquée. L'exposition à l'air à l'état fondu, surtout au-dessous de 160° C., a un effet très marqué sur l'accroissement de la viscosité. Le maximum de viscosité pour le soufre purifié non exposé (exempt de gaz) est atteint vers 200°, où il est de 215 unités C.G.S.; le maximum pour le S purifié non exempt de gaz, après exposition prolongée à l'air, peut atteindre 800 un. C. G. S. vers 190°. L'acide sulfurique paraît être la principale impureté causant l'extrême variabilité de la viscosité du soufre fondu exposé à l'air. La méthode de mesure employée a été celle des cylindres tournants avec suspension bi ou mono-filaire.

Séance du 19 *Février* 1920

Sciences naturelles. — MM. **B. Moore** et **T. A. Webster** : *Etudes de photosynthèse sur les Algues d'eau douce.* Les auteurs tirent de leurs recherches les conclusions suivantes : L'organisme vivant primitif, comme les systèmes colloïdes inorganiques qui l'ont précédé, doit avoir possédé le pouvoir de fixer le carbone et de bâtir avec lui des composés organiques réduits avec absorption d'énergie : la source d'énergie était la lumière solaire. Ce pouvoir se retrouve toujours chez le type le plus inférieur de cellule synthétisante qui existe, c'est-à-dire l'algue unicellulaire. Une cellule de ce genre doit avoir existé avant les Bactéries et autres Champignons, car ceux-ci ne peuvent vivre qu'aux dépens de la matière organique, et le monde primitif, avant la venue de la vie, ne contenait aucune matière organique. Leurs réactions spécifiques montrent que même les organismes filtrants ultra-microscopiques sont des produits hautement organisés dans la voie de l'inorganique vers la vie ; il s'ensuit donc qu'il y a eu un long intervalle intermédiaire d'évolution. Le premier système synthétisant agissant sur la lumière fut donc probablement un système colloïdal inorganique en solution, capable d'adsorber les substances organiques simples qu'il synthétisait. Il est donc futile de rechercher l'origine de la vie au niveau des Bactéries et des *Torula*. Comme la complexité s'est accrue à mesure que l'évolution progressait, des transformateurs de plus en plus rapides pour la capture de l'énergie de la lumière solaire sont venus à l'existence ; ces transformateurs se trouvent dans la cellule verte pour la fixation de C et N. Les premiers transformateurs des systèmes colloïdes inorganiques ne pouvaient utiliser que la lumière de courtes longueurs d'onde ; les derniers, ceux de la cellule vivante, sont adaptés à l'utilisation de plus grandes longueurs d'onde ; et les très courtes longueurs d'onde, qui sont mortelles, sont absorbées par les écrans colorés de chlorophylle. — M. **W. M. Bayliss** : *Les propriétés des systèmes colloïdaux.* IV : *La gélation réversible dans le protoplasme vivant.* Par illumination intense sur fond sombre, il est possible de constater que les pseudopodes en apparence clairs des Amibes sont remplis de nombreuses particules très petites animées de mouvement brownien, ce qui constitue une nouvelle preuve que le protoplasme simple est un hydrosol liquide. Par stimulation électrique, le sol peut être amené à l'état de gel, comme le montre la cessation soudaine du mouvement brownien. — M. **J. F. Wyeth** : *Le développement de l'appareil auditif du Sphenodon punctatus.* A cause de l'extinction prochaine de ce type de Reptile néozélandais, appelé *tuatara*, l'auteur a étudié soigneusement le développement de l'appareil auditif et de ses organes associés. Les 3e et 4e fentes viscérales sont closes par un opercule croissant en arrière, mais on n'observe pas d'ouvertures séparées dorsales et ventrales des fissures. L'existence de deux paires de cavités de la tête est confirmée, celles de chaque paire communiquant avec celles de l'autre par des canaux transversaux. Le développement général de l'oreille interne et du nerf auditif est tout à fait normal. En ce qui concerne la question très débattue de l'origine de l'appareil columellaire, l'auteur donne des arguments en faveur de l'hypothèse que c'est essentiellement un dérivé de l'arche hyoïde, et il maintient l'idée que la capsule auditive contribue au moins à une partie de la plaque basale des étriers. La portion distale du diverticule tympanique antérieur s'isole et finalement disparaît.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

Section de Birmingham

Séance du 11 *Décembre* 1919

MM. **J. F. Liversedge** et **A. W. Knapp** : *L'érosion du plomb.* Les expériences ont été faites avec l'eau de Birmingham, eau naturelle légèrement alcaline qui dissout très peu de plomb, mais qui, sans avoir subi de traitement, possède le pouvoir d'éroder le plomb, en formant des écailles qui tombent et laissent une surface fraîche brillante exposée à l'attaque. Les auteurs ont recherché successivement l'effet : de la lumière, du volume d'eau, des bactéries, des gaz, liquides et solides dissous. Les auteurs concluent que l'érosion est due à l'action de l'oxygène en présence d'eau, et s'opère rapidement dans les eaux ne contenant pas de CO^2. Les variations naturelles du pourcentage de O ou CO^2 n'ont pas d'effet appréciable sur l'érosion ; mais la présence d'une teneur de 1 à 2 °/₀ de CO^2 fait passer du stade d'érosion à celui de dissolution du plomb. Le carbonate de calcium est l'agent protecteur le plus efficace contre l'érosion : 2/100.000 suffisent généralement à l'empêcher.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

31e ANNÉE N° 10 30 MAI 1920

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences, de l'Académie de Médecine

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Art de l'Ingénieur

L'Industrie des constructions navales[1]. — La question des transports par mer se pose comme un des problèmes les plus urgents à résoudre — mais aussi comme un des plus difficiles, — si nous voulons assurer rapidement le relèvement de notre commerce extérieur et assurer, en même temps, l'exploitation rationnelle de nos colonies. Notre marine marchande ne dispose actuellement que du quart environ du tonnage qui nous serait nécessaire; après avoir occupé longtemps le 2e rang au cours du XIXe siècle, elle ne venait plus qu'au 5e, avant la guerre, et elle se trouve aujourd'hui au 8e, après le Brésil. Elle ne représente plus guère qu'environ un million et demi de tonnes de jauge pour les vapeurs, et 200.000 tonnes pour les voiliers. Il a même été question un moment de nous retirer une partie des 550.000 tonnes, provenant des navires allemands dont l'exploitation nous avait été confiée, alors que c'est notre marine marchande qui a été, de toutes celles des alliés, la plus éprouvée, toute proportion gardée.

Le tableau suivant, établi d'après les statistiques du Lloyd Register, montre, d'autre part, que notre industrie des constructions a été la moins active pendant la guerre, pour cette raison, dont les Alliés doivent tenir

Production des chantiers de constructions navales

		1895	1913	1915	1916	1917	1918	1919
Total général	nombre de navires	880	1.750	743	964	1.112	1.866	2.483
	milliers de tonnes	1.218	3.333	1.201	1.688	2.937	5.447	7.144
Angleterre	nombre de navires	579	688	327	306	286	301	612
	milliers de tonnes	951	1.932	651	608	1.163	1.348	1.620
Etats-Unis (Océan)	nombre de navires	41	182	76	167	266	741	832
	milliers de tonnes	42	228	157	385	821	2.602	3.580
Etats-Unis (Grands Lacs)	nombre de navires	20	23	8	44	60	188	199
	milliers de tonnes	42	48	20	119	177	431	496
Japon	nombre de navires	3	152	26	55	104	198	133
	milliers de tonnes	2	65	49	146	350	490	612
Dominions anglais	nombre de navires	23	77	27	36	80	184	235
	milliers de tonnes	6	27	13	23	66	231	298
Hollande	nombre de navires	25	95	120	201	146	74	100
	milliers de tonnes	8	104	113	180	149	74	137
Norvège	nombre de navires	21	74	59	42	44	51	82
	milliers de tonnes	13	51	62	42	46	48	58
Italie	nombre de navires	10	38	30	10	11	15	32
	milliers de tonnes	6	50	22	57	39	61	83
France	nombre de navires	27	89	6	9	6	3	34
	milliers de tonnes	29	176	25	43	19	14	33

1. E. GOUAULT : Les constructions navales dans le monde entier en 1919. *Le Génie Civil*, t. LXXVI, n° 9, 28 février 1920.

compte, que nos chantiers étaient occupés à la fabrication du matériel de guerre.

Ce tableau montre d'abord les progrès énormes réalisés pendant la guerre par l'industrie des constructions navales, sous la pression des besoins et avec l'énorme encouragement de la hausse des frets. L'Angleterre est passée du 1er au second rang, et le pourcentage de sa production est descendu de 58, en 1913, à 23, en 1919. Le tonnage construit est réservé presque entièrement à son propre pavillon : tandis qu'avant la guerre, elle vendait à l'étranger 22 % de sa construction, cette part n'est plus que de 6 %, en 1919. Le tonnage moyen des nouveaux navires est inférieur à ce qu'il était avant la guerre; en 1919, 17 navires (148.188T) sont pourvus de turbines et 5 (32.936T) sont munis de moteurs Diesel. Ce sont les chantiers de la Clyde qui ont réalisé le plus de progrès (525.747T); puis viennent ceux d'Irlande, Belfast et Londonderry (213.720T), de Sunderland (274.283T), et de Newcastle (239.836T). Presque toutes les constructions sont faites en acier; pourtant, la rareté et la cherté du métal ont fait recourir au bois pour 621 navires (721.000T) et au béton armé pour 10 navires (20.455T).

Les chantiers américains ont pris un développement formidable, nécessité par les besoins des Alliés et l'entrée en guerre des Etats-Unis; sa production représente en 1919, 57 % de celle du monde entier, contre 14 % en 1913; le tonnage avec machines à vapeur est de 1.900.000T, avec moteurs à combustion interne, 43.000T; celui des bateaux-citernes atteint 370.000T. Les Etats-Unis ont créé de nombreuses lignes nouvelles, notamment avec l'Amérique du Sud.

Après les Etats-Unis, c'est le Japon qui a réalisé le plus de progrès, malgré les conditions difficiles de son industrie métallique, privée de minerai de fer et obligée d'importer le métal brut; sa production de 1919 est presque décuple de celle de 1913, qui atteignait à peine le tiers de la nôtre. Il a même fabriqué pour notre compte et celui des Etats-Unis.

Les Dominions anglais, et particulièrement le Canada, ont aussi décuplé leur puissance de production. En Europe continentale, c'est la Hollande qui a produit le plus gros tonnage, malgré l'obligation où elle se trouve d'importer toutes les matières premières nécessaires; ce sont les gros profits réalisés qui l'ont poussée à cet effort, de même que les pays scandinaves. C'est le Danemark qui a lancé le plus grand navire à moteur à combustion interne : l'*Africa*, qui déplace 9.050T. L'Italie, grâce à l'accroissement des chantiers de Trieste, et malgré son manque de charbon et d'acier, a pu arriver à une production de 82.000T, bien supérieure à la nôtre, qui n'a pas dépassé 33.000T, le 1/6 de notre tonnage de 1913, le 1/10 de la capacité de production de nos chantiers. Si ce chiffre marque cependant un progrès sur les années précédentes, si l'année 1920 fait espérer encore une progression plus accentuée, nous sommes encore loin d'être arrivés aux trois millions de tonnes qui nous manquent actuellement.

P. C.

§ 2. — Physique

L'emploi de lampes au néon pour les travaux stroboscopiques. — Pour la graduation exacte et l'essai des indicateurs de révolution, et les opérations techniques analogues, la méthode stroboscopique est probablement la meilleure. Elle se base, on le sait, sur le fait suivant : si un disque tournant est illuminé N fois par seconde au moyen d'éclats très courts, une figure régulière dessinée symétriquement sur le disque apparaîtra au repos si le nombre de révolutions du disque par seconde est un multiple ou un sous-multiple exact de N dépendant du nombre de côtés de la figure régulière. La valeur de N — en général 50 — peut être fixée et maintenue aisément constante en employant un diapason entretenu électriquement, de sorte que le succès de la méthode repose principalement sur les éclats lumineux, qui doivent être courts et très brillants.

L'éclairage par les étincelles obtenues avec une bouteille de Leyde laisse en général fort à désirer à ce point de vue; M. F. W. Aston [1] vient, par contre, de signaler les excellents résultats qu'il a obtenus avec la lampe au néon, dont les remarquables propriétés semblent offrir une solution presque idéale du problème de l'éclairage.

La forme de lampe employée par lui est représentée par la figure 1, qui n'a pas besoin d'autre description; les électrodes sont en aluminium. Comme le néon, ainsi que les autres gaz du groupe de l'hélium, possède la propriété de libérer des gaz des électrodes d'aluminium qui ont été complètement épuisées, l'opération du remplissage nécessite la contamination d'un volume assez grand de néon; mais on peut rendre cette opération aisée et économique en repurifiant le néon au moyen d'air liquide.

La vie de ces lampes paraît présenter deux périodes distinctes : dans la première, les impuretés chimiquement actives provenant des électrodes et des parois du tube sont éliminées lentement et complètement, et la luminosité de la lampe s'améliore; dans la seconde, il se produit un crachement de la cathode, et le néon inactif disparaît lui-même lentement jusqu'à ce que la pression devienne trop basse pour que l'étincelle illumine le tube suffisamment; vers la fin de cette seconde période, la luminosité baisse rapidement. Les lampes au néon pur à 1·2 mm. de pression peuvent servir de 500 à 1.000 heures; en portant la pression à 10 mm. et ajoutant 10 % d'hélium au néon, la vie de la lampe peut atteindre 3.000 h.

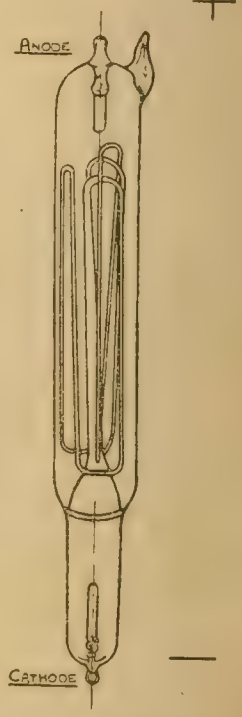


Fig. 1. — *Lampe au néon pour travaux stroboscopiques.*

La teinte rouge-orange brillante de la décharge dans le néon (composée presque uniquement de lignes de la région λ 5.700-6.700) offre un contraste si frappant avec la lumière solaire que les observations stroboscopiques peuvent être faites même en plein jour si c'est nécessaire.

Outre la mesure des vitesses de rotation, les lampes au néon se prêtent avec avantage à d'autres observations dans le domaine de la Mécanique, parmi lesquelles M. Aston signale les deux suivantes :

Tout mécanisme en rotation rapide, comme une hélice aérienne, illuminé par une lampe interrompue mécaniquement à chaque révolution, apparaît *au repos*, le papillotement restant minime même à des vitesses dépassant 1.000 tours par seconde, de telle sorte que les déformations ou les mouvements relatifs des parties peuvent être examinés avec une grande exactitude dans les conditions mêmes de travail.

On obtient un effet encore plus frappant en éclairant un moteur à combustion interne à grande vitesse avec une lampe dont les interruptions sont obtenues mécaniquement, par exemple 99 fois pour 100 tours de l'arbre, au moyen d'un engrenage spécial. Le moteur paraît alors marcher tout doucement au centième de sa vitesse normale, ce qui permet d'étudier facilement des détails très instructifs : mouvements des soupapes et des ressorts, rebondissement des premières sur leur siège, etc. Il faut toutefois que la vitesse de rotation soit assez grande

1. *Proc. of the Cambridge Philosoph. Soc.*, t. XIX, part VI, p. 300; févr. 1920.

pour donner à l'œil l'apparence de continuité ; cette méthode ne s'applique donc pas à l'analyse des mouvements lents, comme celui d'un échappement de chronomètre.

§ 3. — Zoologie

Influence du vent sur le vol des Insectes. — Le vol des Insectes a été très souvent étudié à divers points de vue. Il y a là un vaste champ d'observations ouvert aux chercheurs, et nombreux sont les points qu'il est intéressant de voir éclaircis. Notamment il serait particulièrement d'un grand intérêt de démêler quels sont les *tropismes* ou *tactismes* qui entrent en jeu.

L'un des facteurs physiques qui a le plus d'importance pour tous les êtres à locomotion aérienne est certainement *le vent*. Dans un mémoire récent[1], le Dr Et. Rabaud vient d'apporter une contribution précieuse à l'étude de son influence sur le vol des Lépidoptères. Ses conclusions sont d'autant plus intéressantes qu'elles paraissent jusqu'à un certain point en désaccord avec celles des savants qui avaient auparavant abordé la même question.

Rabaud a observé un grand nombre d'espèces de Papillons, assez dissemblables, au point de vue du vol en particulier. On ne constate entre eux, dit-il, aucune différence. Qu'il s'agisse par exemple d'Hespérides au vol rapide et au corps épais ou de Lycènes au vol relativement lent et au corps grêle, ils sont absolument comparables. Quels qu'ils soient, l'influence du vent sur la vitesse de leur vol ou sur sa direction est nulle. Cette influence ne se fait sentir qu'au moment où le Papillon se pose, mais alors elle est tout à fait nette et prépondérante : « qu'il se pose sur une fleur ou sur le sol, l'Insecte est toujours orienté de telle sorte qu'il fait face au vent ». Ce fait a, dit l'auteur, au point de vue général, une certaine importance : il montre, dans toute sa pureté, le tropisme, l'influence strictement orientatrice d'un agent externe. Il a même d'autant plus d'importance qu'il amène Et. Rabaud à établir entre tropisme et tactisme[2] la distinction suivante : le tropisme est l'influence orientatrice, le tactisme l'influence excitomotrice. Les Papillons seraient donc soumis, dans les conditions de ses observations, à un *anémotropisme* nul pendant le vol et pendant la marche (déplacement du Papillon posé), positif *au moment* où ils se posent et très strictement limité à cet instant précis.

Rabaud a été amené à établir cette distinction, semble-t-il, en comparant ses propres observations, faites en montagne, à celles de Bohn[3], faites au bord de la mer sur les Vanessas et les Satyres de l'île Tatihou (Manche). Pour ce dernier, « le vent détermine la direction et le sens du corps [anémotropisme] ; le soleil détermine la direction, le sens et l'intensité du vol » [phototropisme + phototactisme au sens de Rabaud]. D'après les observations de Rabaud, au contraire (*op. cit.*, p. 386) : « Sur un Lépidoptère qui vole en plein soleil, la lumière n'a vraiment qu'une action excitomotrice ; manifestement, l'animal ne suit, par rapport à elle, aucune direction précise. De même, une fois posé, il tourne dans tous les sens... » Les indications de Bohn (*op. cit.*, p. 290) semblent tout à fait contraires et indiquent un *phototropisme* négatif très net, mais limité encore au moment où le Papillon se pose : en butinant la tête vient se placer, dit-il, vers le soleil — et il est d'observation banale que, dans le vol par temps calme, les Papillons s'orientent de toutes manières par rapport à la lumière. Mais en outre, d'après Bohn, le sens suivant lequel le Papillon reçoit les rayons lumineux influe sur l'écartement des ailes et sur la rapidité du vol.

1. Et. Rabaud : Influence du vent sur le vol des Lépidoptères. *Bull. Soc. Zool. France*, t. XLIV, p. 383.
2. « Les *tropismes* ou *tactismes*, mots synonymes... » L. Cuénot : La genèse des Espèces animales, p. 62.
3. G. Bohn : Observations sur les Papillons du rivage de la mer. *Bull. Inst. gén. psych.*, 1906, p. 285.

Y a-t-il contradiction absolue entre les auteurs ? Non ; au contraire, leurs diverses observations, — qui peuvent sembler se contredire, surtout dans leurs interprétations, — effectuées dans des conditions variées et parfois fort différentes, se complètent et se précisent les unes les autres. Il est certain que le vol des Insectes est soumis à l'influence du vent et l'on peut parler d'un *anémotropisme* positif de ces animaux en général. Si l'on ne peut comparer l'anémotropisme des Lépidoptères (Bohn, Rabaud) ou des Diptères (Wheleer[1]) au rhéotropisme des Poissons (car pour ceux-ci il y a en réalité rhéotropisme + rhéotactisme), il n'en est pas de même de celui des Ephémérides (Krecker[1]) ou des Acridiens (P. Vayssière). Ces derniers, en effet[2], paraissent nettement utiliser le vent dans les meilleures conditions possible, en volant à la manière d'une barque qui navigue contre le vent, allant, comme disent les marins, « au plus près ».

Il ne faut pas oublier qu'à l'influence du vent s'ajoutent de très nombreuses influences. Comme le dit Et. Rabaud, « des interférences multiples modifient le comportement des organismes ». Particulièrement, aux tropismes et aux tactismes viennent s'ajouter les si nombreux cas de « sensibilité différentielle »[3] que Cuénot distingue sous le nom de *pathies*. Dans le déterminisme du vol des Insectes interviennent non seulement les mouvements de l'air ambiant, mais encore la lumière, la température et sans doute d'autres facteurs. La question est complexe et l'idée est heureuse de distinguer tropismes et tactismes, ce qui permettra une analyse plus complète des phénomènes ; ce n'est qu'ainsi et par approximations successives que nous pouvons espérer en saisir le mécanisme.

J. De.

§ 4. — Physiologie

La glycémie après la pancréatectomie. — On sait depuis une trentaine d'années, que l'ablation totale du pancréas pratiquée chez le chien provoque l'apparition de tous les symptômes du diabète, en particulier de l'hyperglycémie et de sa conséquence, la glycosurie. La glycosurie est assez précoce : elle est déjà considérable 24 heures après l'opération, et il est facile de la reconnaître déjà après 10 à 12 heures. Toutefois on ne connaît pas exactement le moment et les conditions de l'établissement de l'hyperglycémie et la courbe de son évolution, dans les périodes précédant la glycosurie, car celle-ci n'apparaît que si la proportion du sucre dans le sang est de 2 pour 1.000 environ et manque quand cette proportion est comprise entre la valeur normale 1,00 à 1,30 pour 1.000 et cette valeur de 2 pour 1.000. MM. Hédon et Giraud viennent de combler cette lacune en déterminant, aussitôt après la pancréatectomie et à intervalles rapprochés dans les heures qui la suivent, la richesse en sucre du sang des animaux opérés — en utilisant la méthode de Bang qui permet d'opérer sur de très petites quantités de sang.

Les recherches ont été faites soit sur des chiens ayant subi l'extirpation totale du pancréas en un temps, soit sur des chiens ayant subi la pancréatectomie en deux temps, à savoir en une première opération la pancréatectomie partielle avec établissement d'une greffe pancréatique sous-cutanée du fragment non extirpé, et en une seconde opération, faite de 14 à 23 jours plus tard, l'ablation de cette greffe.

La richesse du sang en sucre augmente immédiatement (le fait se peut constater en comparant le sang pris aussitôt après la fin de l'opération et le sang pris 15 minutes plus tard) après la pancréatectomie s'il s'agit de l'extirpation d'une greffe sous-cutanée chez un animal

1. Cité par Rabaud.
2. P. Vayssière : Observations biologiques sur *Dociostaurus maroccanus*, en Crau. *Bull. Soc. Zool. France*, t. XLIV, p. 359.
3. Voir Bohn : La nouvelle psychologie animale, Paris, Alcan, 1911, p. 21. Cuénot : *op. cit.*, p. 66.

bien guéri de la dépancréatisation. Elle augmente seulement après un certain temps perdu, qui n'excède d'ailleurs pas 2 à 3 heures, s'il s'agit de l'extirpation pratiquée en un seul temps.

A partir de son apparition, l'hyperglycémie augmente régulièrement jusqu'au taux élevé de 3 à 4 pour 1.000, qu'elle atteint généralement dans les 24 heures et auquel elle se maintient indéfiniment.

§ 5. — Géographie économique

La valeur économique de l'Alsace et de la Lorraine[1]. **II. L'agriculture**[2].— D'après le recensement du 12 juin 1907, on comptait 244.948 exploitations agricoles, occupant un domaine de 881.569 hectares, soit 60,7 °/₀ du territoire, et se répartissant comme suit :

	Nombre d'exploitations	Superficie.
Basse Alsace	94.128	275.308 ha.
Haute Alsace	58.418	194.209 —
Lorraine.	92.402	112.052 —

Sur ces 244.948 exploitations, 62 °/₀ comprenaient moins de 2 ha, 22 °/₀ de 2 à 5 ha, 14 °/₀ de 5 à 20 ha; la grande propriété n'est qu'une exception : c'est la propriété moyenne qui domine en étendue et la petite propriété qui domine en nombre. Les 152.246 établissements de moins de 2 ha n'exploitaient ensemble que 12,7 °/₀ de la superficie totale, alors que les 34.471 établissements de 5 à 20 ha en représentaient 38,5 °/₀. Le fermage ne portait que sur 234.701 ha; c'est le faire-valoir direct qui est le plus répandu.

L'agriculture rencontre les conditions les plus favorables dans la plaine du Rhin et sur les collines du Sundgau, où le sol est formé en grande partie d'alluvions et de bancs de lœss. Il en résulte une fertilité remarquable, favorisée encore par le climat chaud et suffisamment humide de la vallée. Sur le plateau lorrain, le pourcentage des terres cultivées est plus grand qu'en Alsace, mais les conditions naturelles du sol n'y sont pas aussi favorables, sauf dans les fonds de vallée et sur le Trias supérieur (keuper); le climat, en outre, est plus rude et la température moyenne de l'année est beaucoup plus basse que dans la plaine du Rhin.

En 1913, les terres labourables et les jardins occupaient 67,8 °/₀ des terres cultivables. En 1913, la production en céréales a fourni près de 6 millions et demi de quintaux, dont : blé, 2.380.480; épeautre, 4.980; seigle, 928.890; orge 1.086.780; avoine, 2.099.630. La quantité de blé n'est pas suffisante pour la consommation, mais elle pourrait être accrue facilement. L'orge est utilisée, en partie, par la brasserie locale et excède les besoins du pays. La production de la pomme de terre a dépassé 12 millions et demi de quintaux. La culture de la betterave à sucre, encore peu importante, réussit très bien et peut alterner avec le blé sur les sols de lœss; elle alimenterait facilement une sucrerie régionale. L'Alsace produit encore le colza et la navette, qui se sont étendus pendant la guerre pour parer à la disette des autres graines oléagineuses exotiques.

La culture du tabac était en décroissance marquée avant la guerre; sa superficie s'était réduite de 3.463 ha en 1872, à 901 ha en 1915; elle s'est accrue depuis par l'effet du besoin pour atteindre près de 1.200 ha en 1917. Ce tabac est surtout employé par les manufactures locales. C'est la Basse Alsace qui occupe le premier rang quant aux superficies cultivées : les districts les plus importants sont ceux de Sélestat (767 ha en 1917), de Haguenau (222 ha) et de Strasbourg (120 ha). En Lorraine, le tabac n'était en général cultivé que pour les besoins personnels du producteur. Le rendement, assez faible, était en moyenne de 25 quintaux par hectare.

Les plantations de houblon donnent un caractère pittoresque à la plaine de la Basse Alsace, qui leur consacrait, en 1918, une superficie de 2.114 ha, contre seulement 45 ha en Haute Alsace et 34 ha en Lorraine. Cette culture s'est considérablement réduite pendant la guerre, puisque de 1883 à 1915 elle a oscillé entre 4.689 et 3.764 ha; cette réduction, certainement passagère, provenait de la baisse des prix, causée par la limitation de la fabrication de la bière et la suppression de l'exportation. La qualité est excellente, mais la production est fort variable; la moyenne d'avant guerre atteignait de 40 à 60.000 quintaux.

La vigne a toujours eu une grande importance en Alsace et en Lorraine. Avant 1914, 30.000 ha environ étaient plantés en vigne, soit à peu près 1/30 de la superficie totale cultivable. La récolte, très variable, a atteint jusqu'à 2 millions d'hectolitres en 1875; elle représentait environ le tiers de celle de l'Allemagne, qui achetait une notable quantité de vins alsaciens. Si ce débouché est perdu, il en résultera une certaine concurrence pour nos vins ordinaires, mais il faut signaler que, depuis la guerre, la superficie s'est réduite jusqu'à 22.646 ha en 1918. C'est en Basse Alsace que la culture de la vigne est la plus répandue; en 1918, elle y couvrait 11.194 ha, contre 8.779 ha en Haute Alsace et 2.673 ha en Lorraine. Les territoires de Sélestat et de Ribeauvillé occupent le premier rang, avec environ 4.000 ha de vignobles, répandus sur les collines au pied des Vosges. Le pays de Metz produit surtout du vin rouge, mais beaucoup des gamay noirs de Lorraine sont vinifiés en blanc pour la préparation des vins mousseux ou servent pour les vins gris. Les meilleurs crus se récoltent à Ribeauvillé, Riquewihr, Hunawihr, Turckheim, et ces vins blancs valent ceux de la Moselle et du Rhin. C'est Colmar qui est le marché, et la vente se fait surtout par des associations de producteurs.

Par suite des abatages excessifs et des multiples réquisitions, l'effectif du bétail a sensiblement diminué pendant la guerre, comme en témoigne le tableau suivant :

	1912	1918
Chevaux	111.035	70.475
Bêtes à cornes	475.309	393.205
Moutons	42.591	37.460
Porcs	401.291	246.958
Chèvres	65.775	121.340

L'élevage des chevaux a toujours joué un rôle important en Alsace et surtout en Lorraine, où on les utilise davantage dans les travaux agricoles. La Lorraine possède plus de la moitié des chevaux de l'ensemble du pays, la Basse Alsace un tiers environ, et la Haute Alsace un peu plus du dixième. Les bêtes à cornes sont apparentées aux races suisses; en 1918, la Basse Alsace comprenait 47 °/₀ de l'effectif total, la Lorraine 38 °/₀ et la Haute Alsace, 15 °/₀ seulement. Pour les mêmes raisons qu'en France, notamment, le troupeau ovin était en régression très marquée depuis 1873 où il atteignait 191.142 têtes; c'est la Lorraine qui possède le plus de moutons, près des deux tiers de l'effectif (23.120), la Basse Alsace le tiers (12.240), et la Haute Alsace, 1/20 environ (2.100). C'est également la Lorraine qui compte plus de la moitié des porcins (125.554), principalement dans les districts de Thionville, Boulay, Forbach; la Basse Alsace vient au second rang (91.375), avec prédominance dans les districts de Strasbourg-Campagne, Saverne; la Haute Alsace, en 1918, ne comptait que 30.029 porcs, répandus surtout autour de Mulhouse et de Guebwiller.

Pierre Clerget.

1. Voir notre précédente note sur la population dans la *Rev. gén. des Sc.* du 15 mai 1920, p. 268.

2. Commissariat général de la République. Office de Statistique d'Alsace et de Lorraine. *L'agriculture et le bétail en Alsace et en Lorraine de 1913 à 1918*. In-8, Strasbourg, 1919. — *L'expansion économique*, n° spécial, août-septembre 1919, consacré à l'Alsace et à la Lorraine : l'*Agriculture* par M. H. Hitier; l'*Industrie* par M. P. Petit; les *Chemins de fer*, par M. Gérardin. — Jean Brunhes : Les problèmes économiques et sociaux de l'Alsace-Lorraine. *Mémoires et documents du Musée Social*, n° 2, 1er février 1919.

LA MÉTHODE TROPHIQUE DANS LA LUTTE CONTRE LES INSECTES ET LES AFFECTIONS QU'ILS TRANSMETTENT

Tout ce qui touche à la lutte contre les Insectes, ces agents innombrables dont l'incessante activité biologique se heurte si souvent et de tant de manières à l'activité même de l'homme, mérite d'occuper, parmi les préoccupations de l'heure présente, une place de premier ordre.

Qu'il s'agisse des multiples ennemis de l'agriculture, dont la dîme pèse lourdement sur les rendements de la terre, ou de ces redoutables vecteurs d'affections diverses que sont les Insectes suceurs de sang, le problème se relie intimement à certaines des plus graves questions que pose l'intensification de la production nationale; il se rattache surtout indissolublement, par un double effet hygiénique et agricole, à tout ce qui concerne la mise en valeur de notre immense domaine colonial.

Les méthodes actuelles de lutte contre les Insectes parasites sont aussi diverses que les aspects ou le degré même de ce parasitisme. Je ne me propose point de les énumérer ici; je rappellerai seulement que ces méthodes, quelles qu'elles soient, s'inspirent toutes de deux principes à peu près exclusifs : la destruction, au moins partielle, de l'espèce nuisible en cause, ou la protection contre ses atteintes nocives à l'aide d'obstacles artificiels, soit mécaniques, soit physiques ou chimiques, soit même biologiques (variétés résistantes). Malheureusement ces méthodes, surtout celles de destruction, malgré leur diversité même se heurtent trop souvent dans la pratique à des impossibilités telles qu'elles deviennent purement idéales, dans bien des cas, ou d'une efficacité restreinte.

C'est le cas surtout dans les régions chaudes, où les espèces nuisibles, le plus souvent insaisissables au sein d'une nature vierge ou douées d'une fécondité désespérante, échappent aisément à tous les moyens d'action. Il faut bien reconnaître, par exemple, que la lutte contre les tsétsés, en Afrique, est encore restée, dans l'immense majorité des cas, un problème insoluble par les méthodes actuelles, en raison même de l'étendue ou du caractère impraticable des zones à assainir.

On en pourrait dire autant pour les innombrables moustiques qui fréquentent les régions tropicales; et l'on sait d'ailleurs à quelles difficultés multiples se heurte, même en France, la lutte contre les Mouches et les Moustiques. Faut-il alors nous croire absolument désarmés contre de tels ennemis? Non certes, mais notre impuissance nous commande de multiplier les moyens d'action et d'en rechercher sans trêve de nouveaux.

La méthode nouvelle dont je veux parler ici et que je désignerai sous le nom de *méthode trophique* ou de *nutrition protectrice*, s'inspire de points de vue essentiellement différents des précédents. Au lieu de chercher des entraves à la vie des parasites, cette méthode s'efforce, au contraire, de satisfaire largement leurs besoins. Elle se base, en effet, sur le principe suivant : Si l'on veut prévenir les atteintes nuisibles ou dangereuses de parasites qui échappent aux ordinaires moyens de destruction, il faut leur fournir abondamment et d'une manière appropriée les substances alimentaires dont le besoin provoque leur parasitisme. C'est là, par conséquent, une prophylaxie basée sur la nutrition raisonnée de l'espèce parasitaire, ou *prophylaxie trophique*. Elle consiste à déterminer d'abord la nature des besoins alimentaires de l'espèce en cause, puis à chercher la meilleure façon de les satisfaire afin d'éviter ses attaques.

Ainsi, reconnaissant son impuissance à dominer l'ennemi, en lutte directe, l'homme va lui offrir, ainsi qu'aux dieux antiques, les sacrifices propitiatoires! C'est là, certes, un procédé paradoxal et de prime abord dangereux, puisque, dira-t-on, il en va résulter la multiplication gratuite et l'entretien à l'infini, par suite, de l'espèce à combattre. Et cependant, comme nous espérons le montrer, cette méthode a déjà fait ses preuves; elle est appelée à rendre dans des cas, il est vrai, bien précisés, les plus grands services soit isolément, soit à titre de complément nécessaire associée à d'autres procédés d'action.

Ainsi la prophylaxie trophique trouvera certainement son application logique dans le cas des Insectes dont le cycle évolutif n'est pas rigoureusement adapté à certain type d'hôte défini, surtout lorsque les Insectes en question possèdent, en dehors du champ de l'activité humaine, de larges moyens de conservation dans la Nature elle-même. Lorsque les parasites ne sont pas des parasites *spécifiques*, c'est-à-dire vivant exclusivement aux dépens d'animaux ou de végétaux nettement déterminés, lorsque, de plus, l'homme, ses bestiaux, et ses cultures, ne constituent pour l'entretien de ces parasites qu'un

appoint local, leur véritable milieu de production étant un réservoir *naturel* indépendant de l'activité humaine, alors la méthode de nutrition pourra être appelée à donner sa pleine efficacité d'action préservatrice.

C'est, précisément, le cas le plus général dans les contrées nouvellement offertes à l'activité humaine, comme les régions chaudes. Il faut remarquer, en effet, que les Insectes parasites rigoureusement spécifiques sont beaucoup moins nombreux, dans de telles régions, que dans les pays où l'incessant labeur de l'homme a modifié depuis longtemps les habitudes biologiques des espèces parasitaires, en détruisant leurs hôtes naturels primitifs pour leur substituer en permanence des hôtes artificiels, produits de son activité. C'est que, la spécialisation des Insectes parasites à l'égard des hôtes qui les nourrissent (il est bon d'insister dès maintenant sur ce point dont nous ferons plus loin ressortir l'importance) s'affirme de plus en plus avec le temps. Par suite de l'hérédité d'accoutumance au régime, les générations successives d'Insectes issus d'un même hôte tendent à constituer des races physiologiques, de plus en plus étroitement spécialisées envers cet hôte. Les belles expériences de Schröder, de P. Marchal, de Pictet, dont on trouvera l'exposé dans le récent ouvrage que E. L. Bouvier a magistralement consacré à la vie psychique des Insectes [1], éclairent parfaitement la question. Elles montrent, aussi, comment des Insectes ou larves d'insectes divers peuvent être adaptés artificiellement à un régime alimentaire qui n'était pas primitivement le leur, et s'y attacher. L'histoire biologique des Anophèles nous offrira un remarquable exemple d'une semblable adaptation.

Si, en Europe, la plupart des Insectes qui ravagent les arbres fruitiers ou les cultures sont en général très rigoureusement adaptés à un petit nombre d'espèces nourricières, cela tient à ce que ces cultures sont, dans nos régions, très anciennes. Dans les régions neuves, au contraire, sauf le cas, bien entendu, de parasites spécifiques importés de l'extérieur, les Insectes ravageurs n'ont point encore acquis, le plus souvent, de spécialisation parasitaire étroite; ils s'entretiennent de végétaux variés qu'ils trouvent dans la Nature, indépendamment de ceux des cultures.

Il en est de même pour les nombreuses espèces d'Insectes qui s'attaquent à l'homme et aux animaux domestiques dans les régions chaudes. Elles ne le font, d'ordinaire, qu'occasionnellement, leur réservoir naturel étant constitué par les animaux sauvages.

Les espèces parasitaires qui n'ont point encore sélectionné rigoureusement leurs hôtes seront, on le conçoit, facilement justifiables de la Prophylaxie trophique. Nous allons montrer par quelques exemples comment il y a lieu de formuler l'application de cette méthode, et les résultats importants qu'elle permet d'espérer dans des ordres divers, tant agricoles que médicaux.

I. — Prophylaxie sans Hôtes protecteurs. L'eau et la Méthode trophique

Le cas le plus simple est celui où les insectes, à vrai dire plus simplement ravageurs ou spoliateurs que parasites, demandent à des hôtes vivants des substances alimentaires banales, mais qu'ils ne peuvent trouver temporairement en suffisance dans le milieu ambiant. C'est ainsi que les manifestations parasitaires des insectes, dans les régions sèches, n'ont souvent pour autre cause que la nécessité de satisfaire leurs besoins en eau. S'ils ne trouvent plus en suffisance, dans la nature environnante, ce liquide indispensable, ils ont alors recours, pour s'en procurer, soit aux tissus des végétaux, soit aux sécrétions ou aux humeurs des animaux ou même de l'homme. De là des atteintes parasitaires plus ou moins profondes, dont l'importance peut être aussi plus ou moins grave.

1. *L'eau et les termites ravageurs d'arachides au Sénégal.* — J'en donnerai pour exemple le cas offert par les termites ravageurs des arachides que j'ai eu l'occasion d'étudier naguère au Sénégal [1], et dont les atteintes parasitaires provoquent chaque année sur l'ensemble des récoltes des pertes estimées à plusieurs millions.

Ce termite, l'*Eutermes parvulus* Sjöst., n'est pas un parasite spécifique des arachides. Il est répandu partout, même en dehors de la zone des cultures, et s'attaque à des végétaux variés. C'est donc bien un type d'insecte spoliateur occasionnel, capable de s'entretenir largement, par les ressources mêmes de la Nature, en dehors de celles que l'homme vient mettre à sa disposition par les plantations.

Dans la région où les arachides sont le plus anciennement cultivées, c'est-à-dire de Dakar à Saint-Louis où, depuis plus de cinquante ans, cette culture se poursuit sur les mêmes terrains, l'insecte a su s'adapter d'une façon toute particulière à un végétal nouveau que l'homme a introduit

1. E. L. Bouvier : La vie psychique des Insectes. *Bibl. de Philosophie scientifique*. Paris, E. Flammarion, 1918.

1. E. Roubaud : Les Insectes et la dégénérescence des Arachides au Sénégal. *Annuaires et Mémoires du Comité d'Etudes historiques et scientifiques de l'A. O. F.*, Dakar, 1916.

pour son usage dans les terrains primitivement incultes fréquentés par le termite. Cette adaptation consiste, de la part de l'insecte, à demander aux graines d'arachides un peu des réserves d'eau que ces graines renferment lorsqu'elles ne sont pas encore parvenues à maturité complète, alors que le sol environnant se trouve déjà complètement desséché. L'insecte pratique, à cet effet, à travers la paroi de la gousse hypogée, un minime orifice dont la localisation est constante, à l'endroit de moindre épaisseur de la coque. A travers cet orifice il s'introduit à l'intérieur de l'enveloppe dont il ronge le parenchyme humide; il s'attaque aussi plus ou moins superficiellement à la graine elle-même et en épuise le suc.

C'est bien de l'eau que l'*E. parvulus* vient demander aux fruits de l'arachide, parce que ses attaques sont toujours réglées à une certaine époque, celle où ces fruits sont encore verts, mais où le sol a perdu sa fraîcheur. Le termite épargne complètement les gousses desséchées par une maturité complète; il les épargne aussi au début de la maturation, lorsque le sol des cultures est encore suffisamment humide. On constate d'ailleurs que l'importance des dégâts que cet insecte commet dans les champs d'arachides est proportionnelle à l'intensité de la sécheresse, c'est-à-dire à l'importance et à la durée locale des pluies d'hivernage.

Dans ces conditions, le remède est simple. Pour préserver les graines des attaques du termite hygrophile, il suffira de conserver au sol des cultures un degré suffisant d'humidité, jusqu'à l'achèvement de la maturation des gousses. Le termite ainsi convenablement approvisionné en eau, en vertu de notre principe de prophylaxie trophique, et trouvant partout autour de lui l'humidité qui lui est nécessaire, épargnera les cultures. Or, il est relativement facile, par des façons culturales appropriées, de conserver l'eau du sol : il suffit, comme je l'ai proposé, de lutter contre l'évaporation superficielle par un ameublissement rationnel de la surface, méthode empruntée au principe bien connu de la culture en terre sèche (dry farming). Le Service d'agriculture local a pu constater par des expériences le bien-fondé de cette méthode.

2. *Le rôle de l'eau dans l'action parasitaire des mouches et ses conséquences épidémiologiques. La Méthode trophique et les Ophtalmies contagieuses.* — On peut donner un autre exemple, celui-ci d'ordre hygiénique, du rôle joué par l'eau dans le déterminisme parasitaire des insectes.

Chacun sait qu'en été, et principalement dans les journées très chaudes et orageuses, les attaques des mouches vulgaires sont particulièrement insistantes et désagréables. Non seulement l'incessant contact de ces insectes avec le visage et les mains devient parfois franchement insupportable, mais il peut aussi, à juste titre, être qualifié de dangereux, parce qu'avec les larges disques adhésifs de leurs tarses et les labelles en palettes cannelées de leur trompe, les mouches, même non piqueuses, sont parfaitement armées pour véhiculer les germes infectieux.

Quel mobile porte les mouches non piqueuses à rechercher ainsi les parties découvertes du corps humain ? Il y a des raisons de penser que c'est encore ici la soif. Toutes les mouches, piqueuses ou non, à part le cas très particulier des mouches pupipares et des Glossines, qui, comme je l'ai dernièrement montré, doivent à la présence d'organismes symbiotiques intestinaux la faculté de pouvoir se passer de ce liquide en nature[1], sont des insectes pourvus de besoins en eau considérables. Les mouches de nos maisons, par les journées chaudes, boivent constamment et ne résistent pas à une privation d'eau de quelques heures. Or, le corps humain, par ses sécrétions diverses, sudorales entre autres, représente pour ces insectes un réservoir permanent d'humidité qu'ils ne se font pas faute d'exploiter.

En Afrique tropicale, il n'est pas rare d'ailleurs de voir des insectes très différents des mouches, comme les Abeilles, se comporter de même. Il arrive parfois qu'en saison sèche, pressés par le besoin d'eau, ces Hyménoptères assaillent le voyageur à son passage, sans intentions hostiles évidentes, simplement pour lécher la sueur à la surface de la peau. Rien n'est plus gênant que ces visites d'abeilles sauvages assoiffées, qui cherchent à pénétrer jusqu'à la peau en s'introduisant sous les vêtements par le col et les manches, alors que le moindre frôlement les irrite et provoque leur piqûre.

De minuscules abeilles sauvages, moins dangereuses, il est vrai, que les vraies abeilles, parce que dépourvues d'aiguillon, les Mélipones, sont coutumières de telles habitudes ; elles pénètrent même souvent dans les yeux et les narines, et leur présence dans une localité constitue pour l'homme une gêne de tous les instants.

Rien n'éclaire d'une façon plus frappante le rôle joué par la soif dans le déterminisme de l'action parasitaire des mouches, rien ne précise mieux non plus les graves conséquences qui peuvent en résulter pour l'homme, que l'étude en pays tropical des curieuses relations existant

1. Les particularités de la nutrition et la vie symbiotique chez les mouches tsétsés. *Annales de l'Institut Pasteur*, août 1919.

entre la sécheresse, les mouches et certaines ophtalmies endémiques comme le trachome, si répandu dans les régions chaudes subdésertiques. La transmission de cette dernière affection par les mouches est un fait hors de conteste ; elle a d'ailleurs été l'objet d'expériences récentes et très démonstratives de la part de Ch. Nicolle, Cuénod et Blanc[1].

Or, si l'on étudie en Afrique Equatoriale et Occidentale la dispersion géographique ou la fréquence relative des ophtalmies aiguës ou subaiguës, suivant la latitude, on reconnaît que, rares ou absentes dans les régions côtières ou équatoriales, ces affections, et notamment le trachome, sont de plus en plus abondantes lorsqu'on se rapproche de la zone saharienne. « Le trachome, écrit Jamot[2] à propos de l'état sanitaire au Congo, diminue de fréquence au fur et à mesure qu'on descend vers le sud et qu'on se rapproche de l'Oubangui, ce qui semble indiquer que son courant de contagion est originaire du Tchad. » J'ai fait les mêmes constatations pour l'Afrique Occidentale : les ophtalmies aiguës ou chroniques sont de plus en plus fréquentes lorsqu'on quitte la côte pour s'avancer vers l'intérieur. En même temps, on voit de plus en plus souvent les mouches concentrer leurs attaques au voisinage des paupières des indigènes endormis, des nouveau-nés et des malades. C'est à tel point que, dans certains villages sénégalais et soudanais confinant au désert, les yeux des nourrissons endormis sur le dos de leur mère disparaissent parfois sous des groupements de mouches qui hument avidement l'humidité des muqueuses. La même observation a pu être faite bien des fois dans les douars algériens et tunisiens, en Syrie, en Egypte, dans toutes les régions plus ou moins soumises aux influences désertiques.

Quelle est la cause de ce déplorable état de choses ? Evidemment l'extrême sécheresse.

Dans les régions côtières, en effet, comme dans les régions équatoriales qui sont toujours humides, la sueur se collecte abondamment sur toute la surface du corps et l'humidifie en permanence. Les mouches peuvent donc trouver largement à satisfaire leur soif sur le corps humain sans avoir recours aux sécrétions oculaires. Mais, au fur et à mesure que s'intensifie la sécheresse extérieure, lorsque l'on se rapproche des régions désertiques, l'évaporation devient si rapide que la sueur, dans les parties découvertes du corps, ne mouille plus l'épiderme. Les mouches altérées visitent en vain la peau sans pouvoir étancher leur soif; seuls la bouche et les yeux des personnes endormies, surtout des jeunes enfants qui ne se défendent pas, vont leur fournir les sécrétions dont elles sont avides : de là le groupement de plus en plus fréquent des mouches aux commissures des paupières, et la désastreuse diffusion des conjonctivites qui en est la conséquence. C'est pour la même raison qu'en Algérie, en Egypte, le maximum de fréquence des diverses ophtalmies contagieuses coïncide, d'une façon générale, avec la chaleur et le minimum des pluies, d'après les observations courantes.

Ainsi conçu, le problème ne comporte-t-il pas une solution évidente ? Puisqu'en définitive c'est le manque d'eau qui semble diriger ici l'action pathogène des mouches, ne pourrait-on s'en préserver en fournissant simplement à ces insectes, en temps opportun, de quoi pourvoir à leurs besoins hydriques ? Nous arrivons ainsi à concevoir une pratique infiniment simple, permettant de lutter à peu de frais, dans les régions chaudes et sèches, contre la diffusion par les mouches des ophtalmies endémiques : il suffirait de mettre en permanence de l'eau à la disposition de ces Diptères, soit dans des récipients largement ouverts ou des vases poreux, soit à l'aide d'éponges ou de tissus feutrés imprégnés d'eau qui seraient suspendus dans les maisons, ou à l'entrée des tentes et des cases obscures. Si cette pratique pouvait être rendue habituelle dans les groupements d'indigènes soudanais, algériens, égyptiens, etc., qui ont tant à souffrir des ophtalmies contagieuses, nul doute qu'on apporterait ainsi, en dehors même d'interventions plus directes, une réduction considérable à l'une des catégories de maux les plus constants et les plus graves qui accablent ces populations.

II. — La Prophylaxie trophique par les hôtes protecteurs

Contrairement aux cas précédents, s'il s'agit d'insectes plus franchement parasites ou spoliateurs, se nourrissant spécifiquement aux dépens des tissus d'êtres vivants, la prophylaxie trophique devra faire appel, cette fois, à des hôtes de suppléance capables de détourner, sans dommages, sur eux seuls, les atteintes des parasites. On utilise déjà, dans un but analogue, en technique agricole, les *plantes pièges*, plantes que l'on répand parmi les cultures à protéger, pour attirer les ravageurs et les détruire ensuite. Une application nouvelle de cette méthode, plus conforme à notre manière de voir, consisterait au contraire à maintenir en permanence, s'il était possible, les végétaux protecteurs, de manière

1. *C. R. Ac. des Sciences*, 8 déc. 1919.
2. *Bull. Soc. Path. exot.*, 11 février 1920.

à sélectionner l'accoutumance des Insectes parasites à ces végétaux protecteurs. On obtiendrait ainsi, semble-t-il, à la longue, des races de plus en plus étroitement adaptées à ces derniers.

Mais la question offre un intérêt tout à fait spécial, comme on va le voir, dans le cas des Insectes parasites de l'homme et des animaux, en particulier des Insectes suceurs de sang. Beaucoup d'entre eux sont en effet des vecteurs attitrés d'affections redoutables; tous peuvent l'être également à des degrés divers. Or, de même que l'on peut concevoir la protection trophique de certaines espèces animales sensibles, réalisée par des espèces résistantes à ces affections, de même peut-on entrevoir l'heureuse application de cette méthode à la protection humaine. S'il était possible à l'homme de faire converger les attaques de ces vecteurs infectieux sur les animaux qui l'entourent et qui, mieux que lui, en général, supportent le poids de ses infections, quel bénéfice il en pourrait attendre! Or, les faits montrent que les animaux d'une façon générale, le bétail domestique en particulier, sont en effet tout prêts, si nous savons y aider, à jouer à notre égard un rôle protecteur de première importance contre les agissements des parasites.

§ 1. — Relations parasitaires réciproques de l'homme et des animaux. — Danger pour l'homme de la suppression des animaux-hôtes.

Le nombre des Insectes et des Articulés voisins qui s'attaquent spécifiquement à l'espèce humaine est relativement restreint. On peut, par exemple, citer comme tels : les poux de tête et de corps, auxquels le Dr P. Chavigny[1] consacrait ici récemment une intéressante revue, le morpion ou pou de pubis, le ver de case africain (larve d'Auchméromyie) dont nous allons parler plus loin, le sarcopte de la gale humaine, la puce de l'homme et la punaise des lits, encore que ces deux dernières indésirables puissent aussi, dans certaines circonstances de nécessité, s'attaquer aux animaux.

Mais, en dehors de ces espèces parasitaires, déjà trop nombreuses, qui sont étroitement et très anciennement adaptées à l'espèce humaine, celle-ci peut également subir les atteintes d'une innombrable faune parasitaire composée en grande majorité d'insectes suceurs de sang.

Tantôt il s'agit d'espèces relativement indifférentes, comme les mouches piqueuses et les moustiques, qui s'attaquent, selon les circonstances, à l'homme ou aux animaux; tantôt ce sont les espèces normalement parasites d'animaux qui, poussées par le besoin, s'attaquent aussi à l'homme.

Il faut tout de suite remarquer que, même s'il s'agit d'espèces normalement indifférentes, l'homme est habituellement moins recherché que les animaux, en particulier que le gros bétail. Vient-on, par exemple, à pénétrer dans un sous-bois humide, avec un cheval, on voit immédiatement l'animal harcelé par les taons ou les mouches piqueuses diverses, alors qu'isolément on remarquerait à peine leur présence. C'est là même un procédé que j'ai maintes fois pratiqué en Afrique, pour déceler l'existence, dans un lieu donné, d'espèces piqueuses variées, en particulier de Glossines ou Mouches Tsétsés. On emploierait également, avec succès, les ânes, les mulets ou les bovins. Tous ces animaux sont beaucoup plus recherchés que l'homme et leur présence peut *protéger* ce dernier plus ou moins complètement contre les piqûres. Lorsqu'on voyage à cheval dans des régions où pullulent les tsétsés ou les taons, on constate que le cavalier est infiniment moins piqué que sa monture, sur laquelle s'acharnent les mouches avec une préférence marquée.

Bien plus, il existe des animaux capables de suppléer avantageusement l'homme pour l'entretien de ses propres parasites. Ainsi les porcs. Comme je l'ai montré[1], récemment, aucun animal ne se rapproche plus de l'homme... que le porc... au point de vue des possibilités de nutrition d'ectoparasites s'attaquant d'ordinaire spécialement à l'homme, comme les Puces chiques, les *Ornithodorus*, ces redoutables convoyeurs de la Tick-fever, les Vers de case, etc. Les porcins, en général, doivent cette propriété à une apparente conformité de structure de leur épiderme avec l'épiderme humain : ils ont en effet ce remarquable point de commun avec nous-mêmes, qu'ils possèdent un épiderme *nu*, ou faiblement couvert de poils, ce qui suffit aux parasites pour les proclamer nos semblables. Mais nous allons voir aussi que ces échanges parasitaires ont malheureusement été réciproques, et que si l'homme peut repasser aux porcs une partie de ses parasites, c'est d'eux-mêmes qu'il les tint sans doute, à l'origine, dans bien des cas.

On saisit déjà, d'après tout ce que nous venons de dire, que si l'homme est trop souvent la victime d'une légion d'insectes avides de sa propre

1. *Revue gén. des Sciences* des 30 mai et 15 juin 1919.

1. *Bull. Soc. Path. exot.*, déc. 1916.

substance, il doit pourtant se considérer comme un privilégié, s'il compare sa condition, à ce point de vue, à celle des animaux. On peut même affirmer que, dans beaucoup de cas, l'espèce humaine serait bien davantage encore la proie des insectes piqueurs, si les animaux qui l'entourent n'existaient pas. L'absence ou l'insuffisance d'animaux capables de subvenir à l'entretien normal de ces ectoparasites peut offrir fréquemment pour l'homme, en effet, les plus graves conséquences ; nous allons en donner quelques exemples.

1. *Le Ver des cases africain et l'origine de son adaptation à la race noire.* — Il existe dans toute l'Afrique tropicale un curieux parasite de l'homme, propre à la race noire, et qu'on a pu, à bon droit, considérer comme l'un des vecteurs domestiques de la maladie du sommeil: c'est le Ver des cases, larve suceuse de sang d'une mouche Calliphorine, elle-même non parasite, l'*Auchmeromyia luteola*. Dutton, Todd et Christy ont fait connaître ce ver pour la première fois en 1904 sous le nom de « Congo floor maggot [1] », et je lui ai consacré naguère une étude détaillée [2].

Cette larve, qui a l'aspect ordinaire de l'asticot, vit dans la poussière terreuse du sol en terre battue ou du sable qui constitue le plancher des huttes indigènes. Elle est incapable de grimper ou de sauter; pendant le jour, elle se tient à une faible profondeur; mais la nuit, elle se réveille et, en vertu de son thermotropisme particulier, guidée par la chaleur du corps des dormeurs étendus sur le sol, elle parvient au contact de ces derniers et se gorge de leur sang.

Ce curieux parasite a conclu avec la race noire une association si étroite qu'on ne le rencontre chez aucune autre race humaine, même en Afrique. C'est qu'en effet son existence est rigoureusement assujettie à certaines conditions de vie primitive, très strictes de la part des hôtes. Il faut que ces derniers soient des hôtes à *peau nue* ou peu protégée par des vêtements, qu'ils soient sédentaires, revenant chaque nuit au même gîte, et qu'ils dorment au niveau du sol. Le nomadisme est, par exemple, incompatible avec le maintien du parasite : incompatible également avec l'existence de ce dernier la pratique du *lit*, qui va de pair avec les progrès de la civilisation.

Or, la souche originelle du ver des cases doit être certainement cherchée parmi des larves extrêmement voisines, celles des *Chœromyies* qui vivent, comme je l'ai établi, de la même manière que le ver des cases, mais aux dépens de deux espèces de Mammifères sauvages à peau nue, habitant des terriers. Un Edenté relativement rare, l'Oryctérope, un Suidé un peu plus répandu, le Phacochère, tous deux mammifères à *peau nue* vivant dans les régions soudanaises, sont parasités, en Afrique occidentale, chacun par une espèce particulière de Chœromyie. Mais lorsque l'un des hôtes fait défaut, par exemple l'Oryctérope, on constate que les Chœromyies correspondantes passent à l'hôte voisin, le Phacochère. Et il y a tout lieu de supposer que, si les deux hôtes mammifères viennent à manquer, ce sont les noirs des villages voisins qui doivent hériter alors de ce parasitisme, parce qu'ils sont, en dehors des deux animaux précités, les seuls hôtes capables de subvenir à la nutrition des larves, en raison même de la dénudation de leur épiderme.

Comme nous l'avons montré avec Bouet [1], il n'est pas rare, en effet, de rencontrer des Chœromyies dans les habitations indigènes du Bas Sénégal, où elles voisinent avec l'Auchméromyie humaine. Il y a de fortes raisons de croire, par suite, que le parasitisme électif chez l'homme du ver des cases, répandu actuellement dans bien des régions de l'Afrique où n'existent plus les Mammifères à peau nue, a eu pour cause première l'absence ou l'insuffisance de ces anciens hôtes, dont la destruction a porté les Chœromyies à déserter en masse leurs terriers pour fréquenter les cases indigènes.

2. *L'agent de la Tick fever et son adaptation à l'homme.* — Des faits exactement superposables aux précédents peuvent être constatés au sujet de l'Argaside *Ornithodorus moubata*, la tique de l'homme qui lui transmet la fièvre récurrente africaine ou spirochétose de Dutton, également connue sous le nom de Tick fever. Cette tique s'attaque à l'homme dans maintes régions de l'Afrique tropicale; on la connaît aussi à Madagascar. Elle vit comme le ver des cases, dont elle épouse à bien des égards les curieuses adaptations, dans la poussière des demeures indigènes et dans les campements. Elle n'aime point l'humidité et ne se rencontre pas dans les zones forestières (Rodhain).

Les conséquences des piqûres de l'*Ornithodorus* peuvent être graves. Récemment encore le Médecin Inspecteur Rodhain, chargé de la Direction sanitaire des troupes belges opérant en Afrique orientale pendant la guerre, lui attribuait la plus grande part de la morbidité

1. Ver des planchers du Congo. *Repts. trypan. Exped. to the Congo, Liverpool School of Trop. Medicine*, août 1904.
2. *Bull. scient. de la France et de la Belgique*, 24 juin 1913.

1. *Bull. Soc. Path. exot.*, 12 avril 1916.

et de la mortalité qui ont régné sur ces troupes. Le sixième des décès survenus pendant la campagne serait imputable à la Tick fever[1].

Il résulte, d'autre part, des constatations du même auteur[2] et de celles de J. Bequaert[3], que la redoutable tique, autrefois relativement localisée, paraît-il, voit sans cesse son domaine s'élargir en Afrique centrale et orientale, à la faveur des mouvements caravaniers et des déplacements d'indigènes qui transportent avec eux le parasite dans leurs effets ou leurs charges et le disséminent dans les campements.

Mais l'homme n'est pas le seul hôte naturel de l'*Ornithodorus*. Des observations récentes nous permettent même de penser qu'il ne lui est qu'un hôte secondaire.

Ainsi que Wellmann l'a constaté dans l'Angola, et Van Saceghem au Congo belge[4], cette tique peut vivre également aux dépens des porcs. Ce dernier auteur a même noté son existence en grande abondance dans la porcherie d'un village, alors que les *habitants ignoraient son existence*.

D'un autre côté, Lloyd en Rhodésie[5] a découvert aussi cet Argaside dans un terrier de Phacochère, alors que le village le plus rapproché de ce terrier *ignorait la présence de la tique*. Il est donc permis de penser, par une complète analogie avec ce que nous avons dit pour les larves d'Auchméromyies, que l'*Ornithodorus moubata* est un parasite au moins primitif des Mammifères sauvages à peau nue, spécialement des Porcins, qu'il préfère ces animaux à l'homme et ne s'est attaqué à ce dernier que par suite de l'insuffisance de plus en plus grande de ses hôtes mammifères. C'est la faim qui en a fait un parasite, de plus en plus exclusif, de l'homme.

Sans doute en pourrait-on dire autant de certaines Punaises sud-américaines, les Conorhines ou Triatomes, connues sous le nom local de *barbiers* parce qu'elles ont l'habitude de piquer l'homme au visage. Ces punaises ont acquis, dans ces dernières années, une célébrité spéciale, depuis qu'elles ont été reconnues comme les vecteurs officiels d'une trypanosomiase particulière, la maladie de Chagas, du nom de l'auteur qui a le premier fait connaître l'affection et ses causes.

Mais certains des Conorhines infectants ne se rencontrent pas seulement dans les maisons; ils piquent aussi les animaux et on les a trouvés notamment dans les gîtes d'animaux sauvages, en particulier dans les terriers des Tatous[1]. Il est donc infiniment probable que leur adaptation à l'homme, avec toutes ses conséquences, n'est que secondaire, et résulte de la destruction plus ou moins complète de la faune primitive.

3. *L'Œstre des moutons et la myiase oculaire humaine.* — L'Œstre des moutons est une mouche, répandue dans le monde entier, qui dépose habituellement ses larves sur les narines des moutons et des chèvres; les jeunes larves gagnent les sinus frontaux où elles se développent lentement en provoquant des troubles plus ou moins graves, souvent mortels, connus sous le nom de vertiges d'œstres ou faux tournis.

En 1907[2], Ed. et Et. Sergent ont fait connaître le parasitisme accidentel chez l'homme des larves de l'œstre en Algérie. Il arrive en effet que la mouche s'attaque aux bergers pendant leur sommeil et dépose, en volant, ses larves sur les lèvres, les narines ou les paupières de ces derniers. Il en résulte une affection particulière, connue en Kabylie sous le nom de Thimni et chez les Touareg du Sahara central sous celui de Tamné. La même affection a été retrouvée dans différentes régions, en Russie, en Italie, et récemment encore on l'a signalée chez les bergers du Cap Vert.

Quel mobile pousse l'œstre, parasite spécifique des moutons et des chèvres, à s'attaquer ainsi à l'homme? Les observations remarquablement suggestives des Sergent nous permettent de l'apprécier.

Les auteurs constatent, en effet, que la fréquence de l'affection chez l'homme varie en raison inverse de la densité ovine locale. Lorsque le troupeau ovin est peu développé dans une région d'élevage où les Œstres sont abondants, l'homme est fréquemment attaqué par ces insectes; il ne l'est plus, au contraire, lorsque la population ovine est suffisamment nombreuse pour assurer la ponte normale du parasite. On voit donc fort nettement ici le parasitisme humain s'offrir comme une conséquence directe de l'insuffisance du bétail habituel.

4. *Les rats, les puces et la peste humaine.* — La Thimni algérienne est une affection gênante, mais sans gravité sérieuse. On n'en pourrait dire autant de toutes les affections dérivant de l'insuffisance d'animaux protecteurs, surtout lorsqu'il s'agit d'espèces parasitaires capables de véhiculer des germes d'infection, comme c'est le cas pour l'*Ornithodorus* et les Conorhines. La suppression des animaux-hôtes peut alors présenter

1. *Bull. Soc. Path. exot.*, 12 mars 1919, p. 155.
2. *C. R. Soc. Biol.*, t. XXXII, p. 937; 1919.
3. *Bull. Soc. Path. exot.*, 8 oct. 1919, p. 517.
4. *Bull. Soc. Path. exot.*, 13 déc. 1916.
5. *Ann. Trop. Med. Parasit.*, t. IX, p. 559; 1915.

1. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, t. VII, p. 120; 1915.
2. *Ann. Inst. Pasteur*, p. 392; 1907.

pour l'espèce humaine des conséquences redoutables.

Nous en trouverons un nouvel exemple dans les épidémies pesteuses provoquées par le passage à l'homme des puces de Rongeurs, en particulier des rats.

Tout le monde sait que les puces de certains animaux domestiques, comme les chats et les chiens, piquent fréquemment l'homme. Or, cela se produit surtout lorsque, par suite de la dispersion des œufs ou des larves, les puces se trouvent éloignées de leur animal-hôte habituel; d'une façon générale aussi, lorsque les animaux qui leur servent d'hôtes sont en nombre insuffisant pour nourrir normalement les parasites.

Le parasitisme sur l'homme des puces de rats relève évidemment des mêmes causes : disparition ou insuffisance des hôtes normaux. Dans les régions où la peste est endémique, ce fait peut avoir les plus graves conséquences. Les puces de rats, comme l'a établi Simond, sont en effet les véhicules normaux de la peste qui atteint ces Rongeurs.

Lorsqu'un rat pesteux meurt, les puces ne tardent pas à abandonner le cadavre inutile pour chercher leur vie ailleurs ; l'homme est alors, souvent, la première victime désignée pour les recevoir, et avec elles le virus qu'elles hébergent.

Le danger pour l'homme sera d'autant plus grave que l'épidémie pesteuse aura été plus meurtrière pour les rats. L'histoire épidémiologique de la peste enseigne, en effet, que l'épizootie précède toujours l'épidémie humaine. La raison en est très simple : c'est que la disparition massive des rongeurs libère une quantité considérable de puces sans hôtes qui viennent obligatoirement à l'homme.

Si, au contraire, la population murine reste abondante, il y a beaucoup moins de chances pour que l'homme soit recherché. On doit, par conséquent, considérer comme un danger, en temps d'épidémie pesteuse, la mise à mort en masse des rongeurs, par des moyens qui n'atteindraient pas simultanément leurs puces : parceque cette destruction globale des hôtes naturels expose les humains à une infaillible invasion de parasites des plus redoutables.

§ 2. — Le Bétail et la Prophylaxie des affections humaines transmises par les Insectes.

Des différents exemples que nous venons de rapporter, il est permis de conclure, à l'évidence, que nombre d'affections humaines résultant, indirectement ou non, du parasitisme d'Articulés divers n'ont pas d'autre origine que le défaut ou l'insuffisance des animaux préférés de ces Articulés.

La destruction inconsidérée ou même la raréfaction par le fait de l'homme de la faune sauvage primitive d'une région peut donc offrir, on le conçoit, pour ce dernier des conséquences sérieuses, s'il ne prend pas des mesures compensatrices pour pallier au danger. Cette question, souvent discutée à un point de vue d'ailleurs tout à fait opposé, est importante. Nous devons nous y arrêter.

1. *La Prophylaxie trophique de la Tick fever africaine.* — Nous avons vu plus haut que les *Ornithodorus*, ces tiques redoutables qui véhiculent à l'homme la Tick fever africaine, peuvent être entretenues par les Porcins domestiques ou sauvages. La conclusion immédiate que l'on serait tenté de déduire de cette constatation, c'est qu'il faut impitoyablement proscrire ou détruire ces animaux qui servent d'hôtes à la tique. A mieux y regarder, c'est cependant pour nous le contraire qu'il convient de faire. Dans les deux exemples que nous avons cités, où la tique a été constatée chez les Porcins, il faut noter en effet une particularité très remarquable : c'est que, dans les deux cas, le parasite était resté complètement inaperçu des habitants des villages. De tels égards pour l'homme sont bien inattendus de la part d'un parasite qui se montre, partout ailleurs, un parfait habitué des intérieurs noirs. Il faut admettre, de toute évidence, que la présence des hôtes mammifères préférés de la tique a eu comme conséquence immédiate d'écarter celle-ci des habitations humaines et de protéger les habitants contre ses piqûres.

Le fait n'est pas pour surprendre si, comme nous l'avons dit, les Mammifères sauvages à peau nue, habitant des gîtes stables, comme les Oryctéropes et les Phacochères, ont été les hôtes primitifs naturels de cet Argaside et si, comme il est vraisemblable, de la raréfaction progressive de cette faune primitive est résultée l'adaptation secondaire de l'*Ornithodorus* à l'homme. Mais nous avons alors en main un moyen facile d'enrayer les ravages et l'extension sans cesse croissante de ce redoutable parasite : c'est de multiplier les porcheries dans les zones contaminées. On assurerait ainsi, non seulement la protection des groupements indigènes intéressés, mais encore la stabilisation de la tique aux gîtes de ses hôtes préférés. Ce serait là le procédé le plus pratique pour obvier à la diffusion du parasite qui se fait, comme nous l'avons dit, par les caravanes et les échanges de populations.

Un fait, que nous empruntons à un travail

récent de Rodhain[1], est parfaitement en rapport avec cette façon de voir. L'*Ornithodorus*, qui est un parasite originaire de l'Est africain, paraît avoir été diffusé au Congo belge par les esclavagistes arabes venus de l'Orient; en fait, la tique pullule de préférence dans les centres de noirs arabisés. D'après les auteurs anglais Dutton et Todd, qui les premiers ont étudié la répartition géographique de ce parasite dans l'Afrique centrale, certains groupements arabisés sont infestés d'*Ornithodorus*, alors que les villages d'indigènes autochtones voisins en sont indemnes.

A quoi faut-il attribuer cette préférence de la tique pour les adeptes de la religion musulmane ? Selon Dutton et Todd, le fait s'expliquerait parce que les habitations des noirs musulmans sont plus sèches, mieux construites, et occupées pendant plus longtemps que celles des autochtones. Il est probable que ces conditions ont, en effet, aidé au parasitisme; mais il faut également selon nous invoquer une autre raison initiale. C'est que, pour tout bon musulman, le porc est un animal proscrit. N'ayant pas de porcs pour se préserver de la tique, les Islamisés ont été livrés sans réserve aux attaques de ce parasite : ils ont vu l'*Ornithodorus* s'adapter de préférence, et par nécessité, à leurs groupements qui l'ont multiplié et dispersé secondairement dans les centres indigènes non protégés et dans les campements. Il semble qu'ici, par conséquent, les prescriptions coraniques, habituellement d'accord avec celles de l'hygiène, aient été contraires aux intérêts de leurs adeptes.

La pratique de l'élevage du porc en porcheries stables offrirait pour les populations noires de l'Afrique tropicale un autre avantage de premier ordre, comme nous allons le voir ; bien comprise, elle assurerait en même temps leur protection trophique contre les tsétsés.

2. *La Prophylaxie trophique de la Maladie du Sommeil.* — Un fait a frappé tous les observateurs qui ont étudié la maladie du sommeil en Afrique : c'est que l'intensité du développement de ce fléau parmi les populations locales n'est nullement en rapport avec l'abondance des tsétsés, qui le propagent endémiquement. Si la tsétsé, comme nous l'avons autrefois établi ici même, est absolument indispensable pour le maintien à l'état endémique de l'affection, on peut dire, sans paradoxe, que la maladie sévit cependant d'une façon d'autant plus intense que les tsétsés sont moins abondantes.

Là où les Glossines sont extrêmement nombreuses, il est exceptionnel de rencontrer des cas de maladie du sommeil. Par contre, dans des régions comme la Haute Sangha, la région du Bas Congo à l'ouest de Brazzaville, l'Oubangui-Chari, la trypanosomiase sévit d'une façon extrême, et cependant les Glossines sont loin, en général, d'être faciles à rencontrer ; dans les localités les plus infectées, il faut souvent les rechercher pendant plusieurs heures pour constater leur existence.

J'ai déjà donné la raison, apparemment inexplicable, de ce fait singulier. C'est que les hôtes les plus habituels des Glossines sont les grands Mammifères, tandis que l'homme n'est pour ces mouches qu'un hôte très secondaire. La preuve en est que, si l'on veut déceler la présence des mouches dans un gîte où elles sont rares, le moyen le plus sûr c'est d'y faire pénétrer, non des hommes, mais du bétail : âne, cheval ou bovins. Partout où le gros gibier existe abondamment, les tsétsés, largement alimentées, pullulent ; on pourrait également dire que partout où les mouches sont nombreuses, il y a du gibier en abondance. Le danger d'infection pour l'homme, dans de telles conditions, sera minime, parce que les mouches ne le piqueront qu'à l'occasion et retourneront incessamment au gibier. Les rapports des mouches avec l'homme seront par suite *discontinus*. Là où les Glossines sont peu nombreuses, on peut conclure, au contraire, qu'il y a fort peu d'animaux susceptibles de les nourrir et qu'elles auront obligatoirement, par suite, des rapports beaucoup plus *constants*, parfois même *exclusifs* avec l'homme, rapports éminemment favorables, on le conçoit, à la diffusion de l'affection humaine. C'est bien en effet ce que l'on constate : dans les régions où la maladie du sommeil est abondante, il y a d'ordinaire très peu de gibier, ou même d'animaux domestiques.

Nous abordons ainsi une question très discutée : Le gros gibier doit-il, ou non, être détruit ? S'il entretient les Glossines et permet par suite la multiplication intensive de ces mouches, il est nuisible ; par contre, nous venons de voir que ce même gibier exerce à l'égard de l'homme un rôle protecteur certain. Que conclure ?

La même question se posera constamment toutes les fois qu'il s'agira de mettre en œuvre la prophylaxie trophique. Cette méthode a contre elle, en effet, l'objection apparente qu'elle favorise la multiplication des espèces dangereuses au lieu de l'enrayer. Mais dans chaque cas particulier il faudra faire la balance réelle des avantages et des inconvénients de la méthode et s'efforcer, par des mesures rationnelles, de donner le pas aux premiers sur les seconds.

1. *C. R. Soc. Biol.*, 19 juillet 1919.

L'observation nous apprend que l'absence de gibier n'empêchera pas la multiplication des mouches; celles-ci seront, il est vrai, plus rares, mais aussi plus dangereuses pour l'homme. Il n'y a certainement pas grand intérêt, par suite, en ne considérant que ce seul point de vue, à faire disparaître le gibier. Mais, d'un autre côté, les gros Mammifères sauvages sont les *réservoirs* naturels de trypanosomiases diverses qui proscrivent l'élevage du bétail domestique. A ce titre, l'existence de la grande faune sauvage africaine doit être considérée comme incompatible avec les progrès bien compris de la colonisation. L'idéal sera, par conséquent, l'éloignement progressif du gros gibier et son remplacement, au voisinage immédiat de l'homme, par des troupeaux domestiques, aussi capables que les troupeaux sauvages de détourner sur eux-mêmes, d'une manière permanente, les atteintes des Glossines.

L'avenir de la prophylaxie trophique, qui est appelée, croyons-nous, à rendre les plus grands services dans la lutte contre la maladie du sommeil en Afrique, réside pour le moment, semble-t-il, dans les races de bestiaux résistantes aux trypanosomiases. De telles races existent notamment, comme nous l'avons, avec Bouet, plusieurs fois indiqué, en Afrique Occidentale française. Il faudrait les répandre le plus possible et en peupler les régions, toujours très pauvres en bétail, où la maladie est endémique.

La question du porc présente ici un intérêt spécial. Le porc, qui est élevé avec succès par les indigènes non islamisés, dans maintes régions à tsétsés, est un des animaux qui résistent le mieux aux trypanosomiases. Il paraît donc tout indiqué, ainsi que Brumpt[1] en avait émis déjà le vœu, en se plaçant surtout au point de vue bien compris de l'alimentation indigène, de multiplier l'élevage de cet animal, tout au moins là où les croyances religieuses le permettent. Le sujet mérite attention, d'autant que, comme nous l'avons dit plus haut, le porc représente un hôte de choix pour la nutrition de divers ectoparasites susceptibles, à son défaut, de s'attaquer à l'homme, comme les redoutables *Ornithodorus*. Les Glossines, elles aussi, le recherchent tout spécialement, ainsi que l'a établi la Mission Portugaise à l'Ile du Prince[2], et comme l'a également montré le Père G. Greggio pour le Congo belge[3]. On a malheureusement proposé de détruire les porcs et d'en proscrire l'élevage aux indigènes, parce qu'ils contribuent à l'entretien des Glossines et, surtout, parce qu'errant en liberté ils véhiculent constamment ces mouches, des gîtes où elles fréquentent aux villages indigènes.

Cette dernière objection, d'après ce que nous avons dit, est la seule sérieuse; mais il est bien facile d'y remédier. Pour assurer, en effet, toute son efficacité à la prophylaxie trophique que nous envisageons, il y aurait le plus grand intérêt à parquer les animaux protecteurs, quels qu'ils soient, dans le voisinage le plus immédiat de la zone fréquentée par les mouches, et à en éloigner au contraire, le plus possible, les habitants des villages. On constituerait ainsi de véritables écrans prophylactiques, des *barrages* biologiques entre les mouches et l'homme. Si ces conditions sont convenablement réalisées, les Glossines étant alors largement et constamment nourries par les animaux, *habituées* de plus en plus à ces derniers, pourrait-on dire, n'auront plus avec les indigènes que des rapports exceptionnels. Elles cesseront d'être dangereuses. On complétera de toute évidence ces indications prophylactiques par le déboisement partiel ou les éclaircissements rationnels des gîtes de ces mouches, destinés à restreindre leur multiplication et à les repousser des abords des villages.

Nous n'avons pas envisagé à part la question de la trypanosomiase humaine de Rhodésie, affection voisine de la précédente, mais qui est transmise par une autre espèce de Glossine, la *Gl. morsitans*. Cette dernière espèce étant, davantage même que la *palpalis*, une espèce avide du sang des troupeaux, il sera plus facile encore de la détourner de l'homme par l'intermédiaire du bétail. On pourrait également considérer la trypanosomiase humaine américaine comme justifiable d'une prophylaxie trophique par des animaux appropriés. Les Triatomes ou Conorhines attaquent aussi, avec élection, les animaux domestiques, en particulier les chevaux et les porcs. Nul doute qu'on ne puisse escompter aussi des résultats favorables de l'intervention protectrice de ces animaux.

3. *Le Bétail et l'Extinction spontanée du Paludisme en Europe. La Prophylaxie trophique des affections palustres.* — Mais l'exemple le plus entièrement convaincant du rôle joué par le bétail dans la protection de l'homme contre les affections dues aux insectes est celui que nous a fourni l'étude des conditions qui ont provoqué en Europe la régression progressive, en quelque sorte spontanée, du paludisme. Aussi devons-nous nous y arrêter quelque peu longuement.

Nous avons déjà examiné ici même, dans une

1. *Bull. Soc. Path. exot.*, t. I, p. 327; 1908.
2. *Arq. Hig. e Pathol. exot.*, t. V, 30 mars 1915.
3. *Bull. Soc. Pathol. exot.*, 14 fév. 1917.

étude récente[1], la question si curieuse de l'Anophélisme sans Paludisme, et tenté de discerner les causes possibles, encore inexpliquées, de cet état particulier qui, depuis de longues années déjà, a suscité l'attention des malariologues.

Nous avons vu que, presque partout en Europe, les Anophèles se sont conservés en abondance et que cependant, au cours du XIXe siècle, pour des causes non précisées, le paludisme s'est manifesté en régression continue. C'est ainsi que bien des régions anciennement palustres du territoire français, comme les Deltas du Rhône et du Var, les Marais Vendéens, la Sologne, les Dombes, ont vu plus ou moins disparaître leur ancienne réputation d'insalubrité, sans que, pour cela, les Moustiques vecteurs aient cessé de s'y rencontrer. Le même fait se retrouve en Angleterre, dans les Flandres, en Hollande, dans maintes régions italiennes, etc. Nous savons d'autre part, ainsi que l'expérience nous l'a montré, que cette régression spontanée du paludisme n'est pas due à une atténuation du pouvoir vecteur des Anophèles. On est donc forcé d'admettre, pour expliquer le fait, que quelque modification est survenue dans les rapports biologiques normaux de l'homme et du moustique. Ou bien l'homme, par suite de conditions de vie moins primitives, s'est écarté de plus en plus des zones fréquentées par les Anophèles, et c'est là l'hypothèse à laquelle nous nous étions arrêté dans notre précédente étude, ou bien ce sont au contraire les Anophèles qui, pour des raisons à préciser, ont cessé de piquer l'homme. Il résulte des recherches récentes que j'ai eu l'occasion de poursuivre sur cette question, que c'est cette dernière conception qui est la vraie.

Afin de résoudre cet important problème, je me suis attaché, dans le courant de l'été dernier, à l'étude des habitudes de nutrition de l'*A. maculipennis* en France, et cela dans deux régions très différentes : l'une réputée palustre, celle des Marais Vendéens ; l'autre non palustre, la région parisienne.

Un fait frappe tout d'abord, lorsqu'on étudie comparativement dans ces deux régions les rapports apparents des Anophèles avec l'homme. C'est que ces moustiques se rencontrent beaucoup plus fréquemment à l'intérieur des habitations, au Marais Vendéen, qu'aux environs de Paris, où leur présence dans les locaux habités est au contraire exceptionnelle.

C'est là un fait qui, d'ailleurs, n'avait pas échappé naguère à Ed. et Et. Sergent[1]. En 1904 ces auteurs écrivaient à ce sujet ce qui suit : « A Paris et en Vendée vit *la même race d'A. maculipennis*. Nous voulons simplement rapporter cette observation qu'en Vendée comme en Algérie, nous avons toujours trouvé un grand nombre d'Anophèles dans les *maisons* non protégées par des toiles métalliques, tandis qu'aux environs de Paris, nous avons toujours trouvé peu d'Anophèles dans les maisons les plus proches des étangs, où pullulaient les larves... Il semble donc que les *A. maculipennis*, presque domestiqués en Vendée et en Algérie, recherchent moins l'homme dans les environs de Paris. » Cette formule des auteurs, qui est parfaitement exacte pour les zones des grands marais de Vendée, ne l'est plus ailleurs. Dans la Vendée non maraichine, les Anophèles ne s'observent pas en plus grande fréquence chez l'homme que dans la région parisienne, où, comme nous l'avons dit, cette présence est exceptionnelle. Pour quelle airson? C'est ce que nous allons examiner.

Pour rencontrer en abondance les Anophèles, aussi bien en Vendée qu'aux environs de Paris, ce ne sont pas les maisons d'habitation qu'il faut visiter, ce sont les écuries et les étables. On trouve ces moustiques, d'une façon presque constante, appendus aux toits des porcheries, des écuries d'ânes et de chevaux, des étables à bœufs, à chèvres, des bergeries. On les rencontre parfois dans de simples cages à lapins. Dans la région parisienne, les Anophèles ne sont jamais excessivement abondants parce que leurs foyers de développement, les mares ou eaux stagnantes, ne couvrent pas de vastes étendues. Mais on constate, d'autre part, que la plupart des femelles, souvent la presque totalité (de 90 à 95 % et même davantage) sont abondamment gorgées du sang des bestiaux. Il y a très peu de femelles non gorgées de sang, ce qui démontre que cette population anophélienne trouve sur les animaux qu'elle fréquente sa nourriture assurée dans des conditions parfaites : la faune anophélienne est ci *largement nourrie* à sa faim.

Dans les étables des grands Marais Vendéens, au contraire de ce qui se passe dans la région parisienne, la population anophélienne est toujours exceptionnellement dense, ce qui s'explique par l'extrême étendue des lieux de développement. Il n'est pas rare de capturer *plusieurs milliers* d'Anophèles dans une petite écurie ne renfermant qu'une seule génisse. Or, si l'on examine les conditions d'alimentation de ces moustiques, on constate qu'elles sont le plus

1. E. Roubaud : Anophélisme et Paludisme. La question du danger palustre en France. *Revue générale des Sciences*, 15 nov. 1918.

1. *Annales de l'Institut Pasteur*, 1904.

souvent assez défectueuses. Il n'y a, dans la plupart des cas, pas plus de 45 % des femelles gorgées de sang, et parfois beaucoup moins encore. C'est que la faune anophélienne est tellement dense qu'un grand nombre de femelles ne parviennent pas à se nourrir à leur gré, sur les animaux qui se défendent devant cet excès de piqûres. Ceci revient à dire qu'il n'y a pas assez de bestiaux pour nourrir à son appétit la faune anophélienne.

Si l'on sort de la région des grands marais, les Anophèles redeviennent moins nombreux dans les étables et leurs conditions de nutrition sur les animaux se retrouvent exactement comparables, par suite, à celles que l'on observe dans la région parisienne. Or, on peut constater très nettement, d'autre part, que la présence des Anophèles au contact de l'homme, dans les maisons d'habitation, dépend directement de l'abondance de nourriture sanguine offerte à la faune des moustiques par le bétail.

Là où les Anophèles sont largement nourris par les bestiaux, comme c'est le cas dans la région parisienne et l'intérieur de la Vendée, ces moustiques n'attaquent pas l'homme ; lorsque, au contraire, la population des moustiques ne trouve pas suffisamment de bétail pour s'alimenter, ils pénètrent dans les habitations : c'est ce qui se produit dans le Marais Vendéen.

Le bétail domestique est donc bien le protecteur naturel de l'homme contre les atteintes de l'Anophèle. On s'explique ainsi, très clairement, que la mise en valeur du sol, dans les régions palustres, que les progrès constants de l'agriculture et de l'élevage, puissent être les facteurs les plus normaux de l'assainissement de ces régions. C'est là une donnée d'observation courante, mais dont cependant l'explication restait encore incomplète. C'est qu'en effet l'action produite est double. Tandis que la culture contribue à la réduction des eaux stagnantes et prévient d'autant le développement anophélien, la présence des bestiaux, en quantité croissante, assure d'autre part, d'une façon de plus en plus parfaite, l'équilibre alimentaire d'une faune déjà plus réduite. De l'intervention simultanée de ces deux facteurs résulte, comme on le conçoit, une protection toujours plus efficace de l'espèce humaine. Ainsi s'établit spontanément, à la longue, un état d'Anophélisme sans Paludisme, état idéal, à notre sens, en matière antipaludique.

Mais il y a plus. L'étude biologique de l'*Anopheles maculipennis* dans nos régions permet des conclusions d'une portée plus remarquable encore. Non seulement, en effet, les Anophèles des régions où le paludisme ne sévit pas peuvent assurer leur nutrition sanguine complète sur le bétail sans avoir recours à l'homme, mais on doit constater encore que ces Anophèles ont cessé spontanément de rechercher l'homme pour se nourrir; ils ne s'attaquent plus à lui, même lorsqu'ils ont la possibilité de le faire. Les Anophèles existent partout aux environs de Paris, par exemple, et cependant on n'est piqué par ces moustiques que d'une façon tout à fait exceptionnelle. Ils passent d'ordinaire inaperçus et ne pénètrent plus guère dans nos maisons que pour y passer l'hiver, dans un état de repos complet. Il arrive parfois cependant qu'au sortir de ces longs mois de jeûne hivernal l'on soit piqué par des femelles épuisées d'inanition; mais ces agressions sont purement accidentelles. Elles cessent lorsque les moustiques ont pu reprendre leur alimentation normale sur les bestiaux; elles ne sont d'ailleurs aucunement dangereuses, puisque les expériences de Mitzmain en Amérique[1], ou les miennes en France[2], ont établi que les Anophèles porteurs de germes paludéens perdent leur infection au cours de l'hiver.

La préférence accordée manifestement au bétail par l'*A. maculipennis*, dans nos régions, doit être considérée comme un fait d'habitudes acquises. Elle se rattache à ces phénomènes d'accoutumance héréditaire au régime alimentaire, auxquels nous faisions allusion au début de cet article. Or, cette quasi-répulsion pour l'homme est une constatation bien surprenante, de la part d'un insecte, vecteur spécifique d'une affection aussi strictement humaine que le paludisme. Le cycle évolutif des *Plasmodium* malariens, rigoureusement limité à l'homme et à l'Anophèle, est en effet un témoin certain des rapports étroits, on pourrait dire exclusifs, qui ont été, à l'origine, la règle entre les deux hôtes. Il est curieux que l'adaptation secondaire des moustiques au bétail ait permis une déviation aussi complète de leurs habitudes de nutrition. Ceci nous montre nettement ce que l'on est en droit d'espérer des applications systématiques de la prophylaxie trophique aux insectes ; en ce qui concerne notamment l'antipaludisme, dans toute son acception tropicale, l'étendue de ces espérances apparaît immense.

III. — Conclusions

Nous avons tenté, dans le cours de ces lignes, de donner un aperçu assez varié des conditions d'application de la méthode prophylactique que nous avons appelée la prophylaxie trophique.

1. *U. S. Publ. Health Repts.*, juillet 1915.
2. *C. R. Acad. des Sciences*, 1918, et *Annales de l'Institut Pasteur*, sept. 1918, p. 25.

Cette méthode, adaptée rationnellement à la défense de l'homme et des produits vivants de son activité contre les insectes parasites ou pathogènes, est vraisemblablement appelée à un intéressant avenir. L'Hygiène humaine, en particulier dans les régions chaudes, devra largement s'en inspirer. Aux multiples services que l'homme demande habituellement à ses bestiaux, il en peut ajouter de plus importants encore, à savoir de le mettre en garde contre les plus dangereux de ses ennemis, les invisibles et les très petits. Paludisme, Trypanosomiases diverses d'Afrique et d'Amérique, Fièvre jaune, Fièvre des Tiques, d'une façon générale toutes les nombreuses et graves affections transmises à l'homme par les Insectes suceurs de sang, pourraient être combattus d'une manière idéalement simple, en dressant entre l'homme et les insectes l'écran protecteur des animaux domestiques.

Connaître les besoins réels des parasites et s'efforcer de les prévenir par des moyens appropriés, telle est la base même de cette méthode qui, sans faire fi de procédés plus directs, devra au contraire leur apporter un complément nécessaire et une garantie d'efficacité. « Nul n'est méchant volontairement. » Cette maxime s'applique, à l'évidence, au monde infini des Insectes. La faim, la soif, le besoin pressant de la ponte, sont autant de forces aveugles capables de soulever l'armée prodigieuse de ces ennemis et de forger des armes redoutables aux plus indifférents d'entre eux. En annihilant inconsidérément les êtres qui les font vivre, nous pouvons nous préparer à nous-mêmes de terribles représailles : dans les terres neuves, surtout, où les insectes, parasites ou non, ont royalement étendu leur domaine incontesté, au cours des siècles, l'homme, le plus tard venu, se doit de reconnaître leur toute-puissance et, dans une certaine mesure, le droit à l'existence de ces innombrables agents. Leur destruction radicale serait, dans la grande majorité des cas, chose impossible. Le plus sage ne sera-t-il pas bien souvent de se borner à les écarter de notre route, en déviant sur d'autres la menace permanente de leurs appétits? Ce résultat sera relativement facile à obtenir, mais pour lui donner toute sa portée il faudra s'efforcer de le rendre stable, définitif; ainsi pourra-t-on espérer voir se réaliser, à la longue, par ce que j'appellerai l'*Education trophique* des parasites, la genèse de races dont les habitudes de nutrition, orientées dans une direction déterminée par l'homme, ne contrarieront plus ses propres intérêts.

Tel est l'idéal biologique nouveau, intéressant par lui-même, mais surtout gros de conséquences pratiques, qui mérite de s'imposer, aujourd'hui plus que jamais, à notre attention.

E. Roubaud,
de l'Institut Pasteur de Paris.

LA PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE
APPLIQUÉE AUX TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES DE PRÉCISION
ET EN PARTICULIER A LA RÉFECTION DU CADASTRE

Cette importante question a pris son essor, comme beaucoup d'autres, pendant la guerre de 1914-1918.

La grande invention des Allemands, après la bataille de la Marne, fut de dissimuler avec un art consommé de puissantes organisations tant défensives qu'offensives.

Avant d'expulser l'ennemi, il était indispensable de répérer ces organisations, de scruter la valeur des plus importantes comme des plus petites, qui n'étaient pas toujours les moins dangereuses, de connaître à fond le terrain des attaques.

Il en est résulté un effort technique considérable en vue de la détermination des objectifs et de la rédaction de plans directeurs ; ce fut l'œuvre des groupes de canevas de tir aux armées, organisés sous l'active impulsion du Général de Division Bourgeois, directeur du Service Géographique de l'Armée, avec un personnel supérieur composé presque exclusivement d'officiers spécialistes provenant du Service Géographique de l'armée et du Service Hydrographique de la Marine.

Les groupes de canevas de tir, précieux auxiliaires pour les troupes comme pour les Etats-Majors, exécutèrent d'importants travaux de géodésie, topographie et cartographie. Ils organisèrent spécialement les divers modes de repérage des batteries : observation terrestre, repérage au son, restitution des photographies prises en avion.

Cette dernière méthode, qui s'appliquait non seulement aux batteries mais aux organisations

de toutes sortes, fournit dès le début des résultats inattendus et la photographie aérienne devint *l'œil de l'armée*. Elle permit, en outre, de rectifier les cartes du front et d'établir les plans directeurs avec une précision largement suffisante pour tous les besoins.

De nombreux procédés furent imaginés pour cette transformation des photographies aériennes en cartes à grandes échelles : méthodes géométriques (alignements, faisceaux anharmoniques, épures complètes) et dispositifs optiques (chambre claire Vavon, appareil Cot-Marti, appareil de photorestitution Roussilhe mod. 1915 et 1918).

Ces divers procédés donnèrent lieu à une série d'études effectuées par les ingénieurs hydrographes et publiées dans les *Annales Hydrographiques* (MM. Rollet de l'Isle, 1916; de Vanssay, 1917; Roussilhe, 1918).

Nous résumerons ici succinctement la méthode de l'Ingénieur Hydrographe principal Roussilhe [1], qui, par l'industrialisation réalisée à la fois dans la prise des clichés et dans leur transformation en cartes, permettra plus rapidement et à moins de frais que par les procédés réguliers employés jusqu'ici la *réfection du cadastre*, œuvre importante pour le pays, œuvre capitale pour les régions libérées.

I. — Principe de la méthode

Sous réserve de toutes vérifications expérimentales (et de certaines précautions à observer dans la prise des clichés), un cliché photographique aérien pris à une altitude suffisante est une perspective conique du terrain, le point de vue étant le point nodal d'émergence de l'objectif, le tableau étant le plan de la pellicule sensible (perpendiculaire à l'axe optique principal).

Soient (fig. 1) S le point nodal, A l'altitude de l'objectif, V le pied de sa verticale ; la position du cliché dans l'espace est définie si l'on connaît en outre par exemple la distance focale principale $S\omega$ (ω étant le centre de plaque) et les deux conditions qui définissent la direction de l'axe optique : l'inclinaison i du plan du cliché et la direction de sa ligne de plus grande pente $\omega\omega'$. On peut remplacer ces dernières conditions par l'identification de trois points du terrain et des trois images correspondantes sur le cliché.

Connaissant $S\omega$ et ω, le trièdre défini par le sommet S et les trois points de repère du cliché est déterminé; on peut, par une épure simple à une échelle convenable, placer sur ces arêtes les sommets du triangle connu et déterminé par les trois points correspondants du terrain, et par suite situer le trièdre par rapport au terrain : la position de la station photographique S et celle du cliché sont alors déterminées.

Ce problème étant résolu, on pourra transformer la photographie en carte par deux procédés différents :

1° Si on connaît le relief du sol (fig. 1), considérons la perspective conique du cliché sur le plan horizontal C situé à la distance A du centre

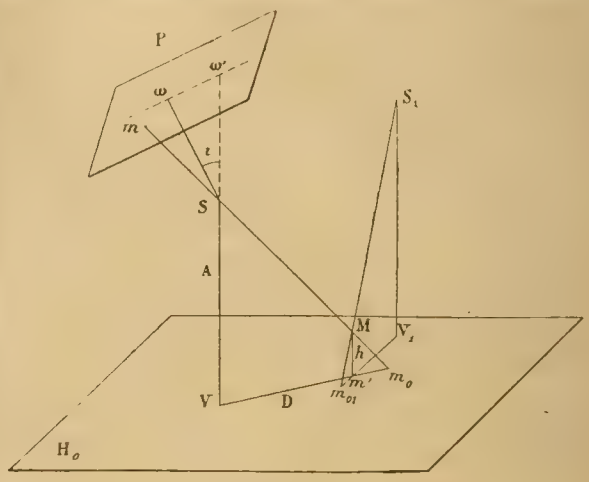


Fig. 1.

de perspective (A étant l'altitude par rapport au plan horizontal) d'altitude H_0 choisi comme plan de référence. A un point M du terrain correspondent un point m du cliché, un point m_0 de la perspective sur H_0. Le point m', projection orthogonale de M sur le plan de référence H_0, correspond au point représentatif de M sur la carte à l'échelle E : c'est la restitution exacte de m et l'on a $Mm' = h$, h étant l'altitude de M par rapport à H_0.

La restitution exacte du point m se déduit donc de la restitution perspective en portant, suivant le vecteur m_0V et à partir de m_0 dans le sens convenable, la correction $c = h\frac{D}{A}$, D étant la distance de la perspective conique de M au pied de la verticale.

2° Si le relief du sol est inconnu, il suffit de posséder une photographie de la région prise d'une autre station S_1.

En effet, effectuons les constructions relatives à une seconde station S_1, à cette station correspondant le pied V_1 de la verticale, une perspective m_{01} et les mêmes points M et m' que pour la station S. Le point m' est donc à l'intersection des vecteurs m_0V et $m_{01}V_1$; on en déduit deux valeurs c et c_1 qui permettent chacune de calculer h, car :

$$h = c\frac{A}{D} = c_1\frac{A_1}{D_1},$$

1. Roussilhe : Application de la photographie aérienne aux levés topographiques de précision ; appareil de photorestitution. *Annales hydrographiques*, 1919.

Donc, si on a plusieurs photographies de la même région, en faisant l'épure à l'échelle E, la restitution du point m est le point moyen d'intersection des vecteurs m_0V et on en déduit autant de valeurs de la cote de M; les petites différences entre ces valeurs donneront l'ordre de grandeur de la précision obtenue pour le relief; c'est l'application de la méthode générale de l'intersection.

II. — Conditions générales de la restitution photographique

L'appareil de photo-restitution Roussilhe permet de résoudre ces divers problèmes d'une manière industrielle. Il fournit une épreuve photographique redressée à l'échelle E (perspective conique sur le plan H_0) et, par l'intermédiaire d'abaques, l'altitude A et le point V relatif à la station S.

Prenons comme plan de figure (fig. 2) le plan vertical passant par l'axe principal de l'objectif $S\omega$ de l'appareil photographique d'avion; soit P la trace du plan du cliché; $S\omega$ est pratiquement égal à la distance focale f de l'objectif.

Supposons d'abord les repères de restitution dans un même plan horizontal, et soit C le plan du terrain réduit à l'échelle E. Cherchons à obtenir sur un plan Γ différent de C une perspective conique du cliché qui reproduise exactement la figure du plan C.

La droite d'intersection d de P et C reste constamment sa propre perspective. Les longueurs et les angles de la figure C devant être conservés, les plans Γ sont les rabattements du plan C autour de d, qui n'est autre que l'horizontale du cliché à l'échelle E. L'horizon du cliché est h, tel que Sh soit parallèle à C; cette ligne est l'image des points à l'infini des plans Γ.

Si ω est le centre de plaque (pied de l'axe optique sur le cliché), c'est la perspective de o du plan C; son homologue dans Γ sera O, tel que $dO = do$. Le centre de perspective correspondant à Γ sera donc Σ sur ωO et à l'intersection de la parallèle à la trace Γ menée par h. Comme $dO = do$, on a $Sh = \Sigma h$.

Il y a donc une infinité de solutions à la restitution perspective : le centre de perspective décrit un cercle lorsque le plan de perspective tourne autour d'une droite (théorème connu de l'homologie).

Si l'on veut réaliser la perspective par une projection photographique, il faut :

1° qu'à la figure du plan P corresponde une figure *plane*, ce qui suppose un agrandissement suffisant du cliché;

2° qu'en assimilant l'objectif à une lentille mince, son plan principal passe par d : l'axe principal $\Sigma\delta$ perpendiculaire à Σd est donc décentré d'un angle μ par rapport à $\Sigma\omega$;

3° que les distances $\Sigma\omega$ et ΣO satisfassent à la relation :

$$\frac{1}{\Sigma\omega} + \frac{1}{\Sigma O} = \frac{1}{\varphi},$$

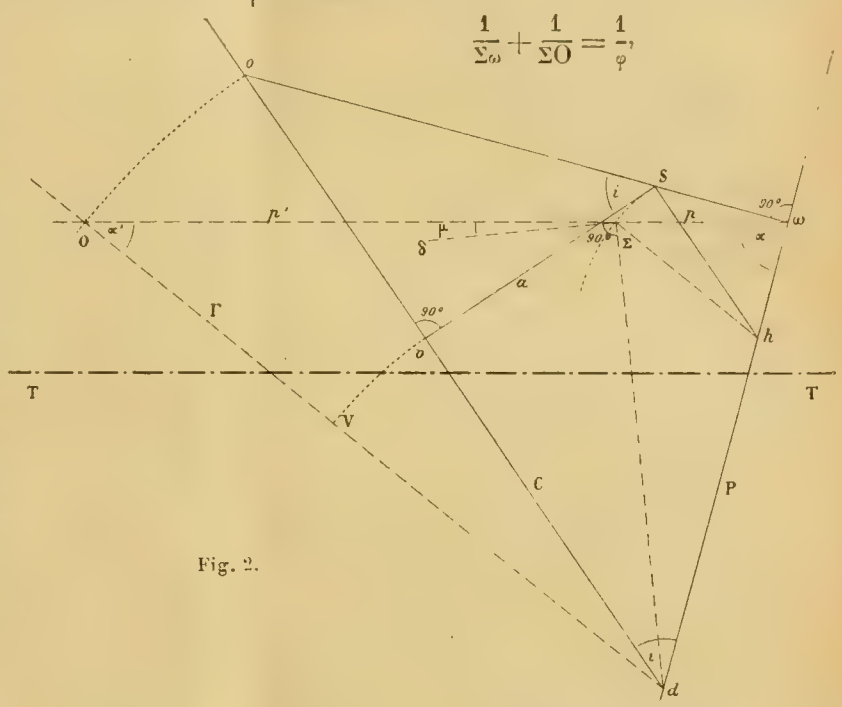


Fig. 2.

φ étant la distance focale de l'objectif de projection.

Le dispositif schématique de l'appareil de photorestitution comprendra :

Une table TT' perpendiculaire au plan de la figure et parallèle à l'axe de projection $\omega\Sigma$;

Une lanterne à projection avec condensateur;

Un châssis porte-cliché permettant de placer les horizontales du cliché perpendiculairement au plan de figure et de donner au cliché une inclinaison α par rapport à l'axe de projection $\omega\Sigma$;

Une chambre noire dont l'objectif sera monté sur un dispositif permettant de réaliser le décentrement μ;

Un écran de projection comprenant le plan Γ et monté sur un dispositif permettant de lui donner l'angle α'.

Les distances p et p' devront pouvoir être mesurées.

En se reportant à la figure, on voit que, si les distances focales f et φ sont connues, il est possible de déterminer A, V et i en partant des éléments des mesures p, p', α, α'; le problème est donc théoriquement résolu.

Les recherches effectuées par M. Roussilhe l'ont conduit, après étude des divers types possibles d'appareils, à adopter pour la restitution photographique le même objectif que pour la photographie d'avion, c'est-à-dire $\varphi = f$. (En dehors des avantages de construction en série, l'emploi de cet objectif a évidemment pour résultat de limiter les déformations d'angles et de longueurs dues aux déformations du système optique.)

Dans ces conditions, les éléments de la figure 2 sont définis par :

$$p = f\left(1 + f\frac{\cos i}{a}\right) \quad (1)$$

$$p' = f\left(1 + \frac{a}{f \cos i}\right) \quad (2)$$

$$\cos \alpha = \frac{p^2 - f^2}{2pf} \operatorname{tg} i \quad (3)$$

$$\cos \alpha' = \frac{p^2 + f^2}{2pf} \sin i \quad (4)$$

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{(p - f)^2}{2pf} \frac{\operatorname{tg} i}{\sin \alpha} \quad (5)$$

$$\sin \alpha' = \sin \alpha \cos i \quad (6)$$

La mesure des angles α et α' donne i;

la mesure de p' donne A, par l'équation (2).

Si $f = 0$ m. 50 et $E = 1/2.000$ on a les formules simples :

$$\left.\begin{aligned} A &= 1.000\,(2p' - 1) \cos i; \\ D - OV &= 1.000\,(2p' - 1) \sin i. \end{aligned}\right\} \quad (7)$$

Des abaques spéciales donnent les valeurs de i, A, D et μ en fonction des éléments mesurés et du coefficient auxiliaire $K = AE/f$.

Le coefficient K représente l'agrandissement lorsque les clichés sont à peu près horizontaux. Si $E/f = 1/1.000$, K donne l'altitude A exprimée en kilomètres.

D'une façon générale, les abaques sont utilisables quel que soit le foyer : les longueurs varient comme f, les angles α, α', μ ne changent pas.

III. — Prise de photographies aériennes

§ 1. — Limites des clichés

La photographie aérienne peut être employée pour les levers de reconnaissance, pour les levers topographiques et hydrographiques de précision et même pour les plans à très grande échelle (cadastre, études de chemin de fer, projets de travaux publics).

Le choix des éléments primordiaux : f, A, i, et les caractéristiques de l'appareil photographique employé dépendent uniquement du but à atteindre, c'est-à-dire de la précision demandée pour les résultats eu égard à l'échelle E. De ces caractéristiques dépendent, par suite, les caractéristiques de l'appareil de photorestitution lui-même.

La seule règle générale essentielle à observer est que, dans la restitution photographique correcte, l'agrandissement du cliché original doit rester compris entre 1,5 au minimum et 3 au maximum.

Pour des levers de reconnaissance, on pourra employer sans inconvénient un appareil photographique travaillant à court foyer sous un grand angle : p. ex., les clichés pris à 5.000 m. d'altitude avec un appareil de 0,11 m. de foyer sont à l'échelle du 1/45.000 s'ils sont à peu près horizontaux; en prenant $K = 1,5$ on aura des restitutions à l'échelle $E = 1/30.000$. Chaque cliché horizontal couvrant une surface utile de $4K \times 5K = 20$ km². En terrain peu accidenté et sans aucune correction de relief, on obtiendra ensuite par réduction photographique une bonne planimétrie au 1/100.000.

Des clichés 9×12 ou 13×18 pris à 2.200 m. d'altitude avec un objectif de 0,11 m. de foyer ou à 5.200 m. avec un objectif de 0,26 m. de foyer sont à l'échelle du 1/20.000, s'ils sont horizontaux. Ils couvrent, suivant le cas, 4 km² ou 8 km². La restitution correcte en tenant compte du relief donnera des plans complets au 1/10.000, si les clichés sont agrandis 2 fois.

Enfin, des clichés 18×24 pris entre 1.500 et 2.500 m. d'altitude avec un objectif de 0,50 m. de foyer couvriront seulement 2 3 de km². Mais ils donneront pour un agrandissement compris entre 1,5 et 2,5 des plans exacts à l'échelle du 1/2.000 (plans cadastraux).

On voit dans quelles limites très larges peuvent être utilisées les photographies aériennes. Les caractéristiques de l'appareil de photorestitution varieront en conséquence, mais l'appareil établi pour les clichés 18×24 pourra servir à tous les cas; il suffira de changer l'objectif de projection et d'avoir étudié au préalable les constantes correspondant à l'adoption de chaque objectif. Le nombre de clichés nécessaires pour déterminer à la fois la planimétrie et le relief variera de 1-7 à 8 par kilomètre carré. Il faut aussi remarquer qu'à altitude égale les clichés inclinés couvrent des surfaces plus grandes que les clichés horizontaux.

§ 2. — Précautions à prendre dans la prise des clichés

Les obturateurs de plaque qui sont actuellement adoptés pour les clichés 18×24 et 13×18 sont à rejeter pour les photographies destinées aux levers à grande échelle ; les vibrations de l'avion et ses déplacements sur sa trajectoire ont pour principal effet de déformer l'image du terrain pendant la durée de translation de la fente éclairante.

Des *obturateurs d'objectif* réalisant les conditions nécessaires : netteté absolue et éclairement suffisants n'ont pas encore été utilisés pour les objectifs de 0,26 m. et de 0,50 m. de longueur focale. Des études en cours permettront de réaliser prochainement un obturateur donnant un temps de pose comparable à celui des obturateurs de plaque et un éclairement suffisant du cliché.

On doit de même rejeter l'emploi des pellicules susceptibles de donner des images déformées et se borner à l'emploi des plaques sur verre ou à la rigueur des films rigides.

IV. — L'appareil de photorestitution

§ 1. — Description de l'appareil

L'appareil de photorestitution établi suivant les conditions théoriques ci-dessus a été breveté en 1918. Le modèle exécuté par M. Gillon, ingénieur-constructeur, en vue de la rédaction des plans cadastraux, a été réalisé avec un soin et une précision tout à fait remarquables. L'instrument, dont la figure 3 donne le plan et l'élévation longitudinale et latérale, comprend :

1° Un corps de lanterne à projection L L avec lampe à incandescence (lampe 1/2 watt de 1.000 bougies, pouvant être branchée sur une installation électrique de 110 volts), avec dispositif de centrage de la lampe, tableau de distribution et condensateur de lumière de 0 m. 32 de diamètre.

2° Un châssis porte-cliché C, qui comprend un porte-plaque circulaire actionné par un cordonnet métallique enroulé sur un tambour ;

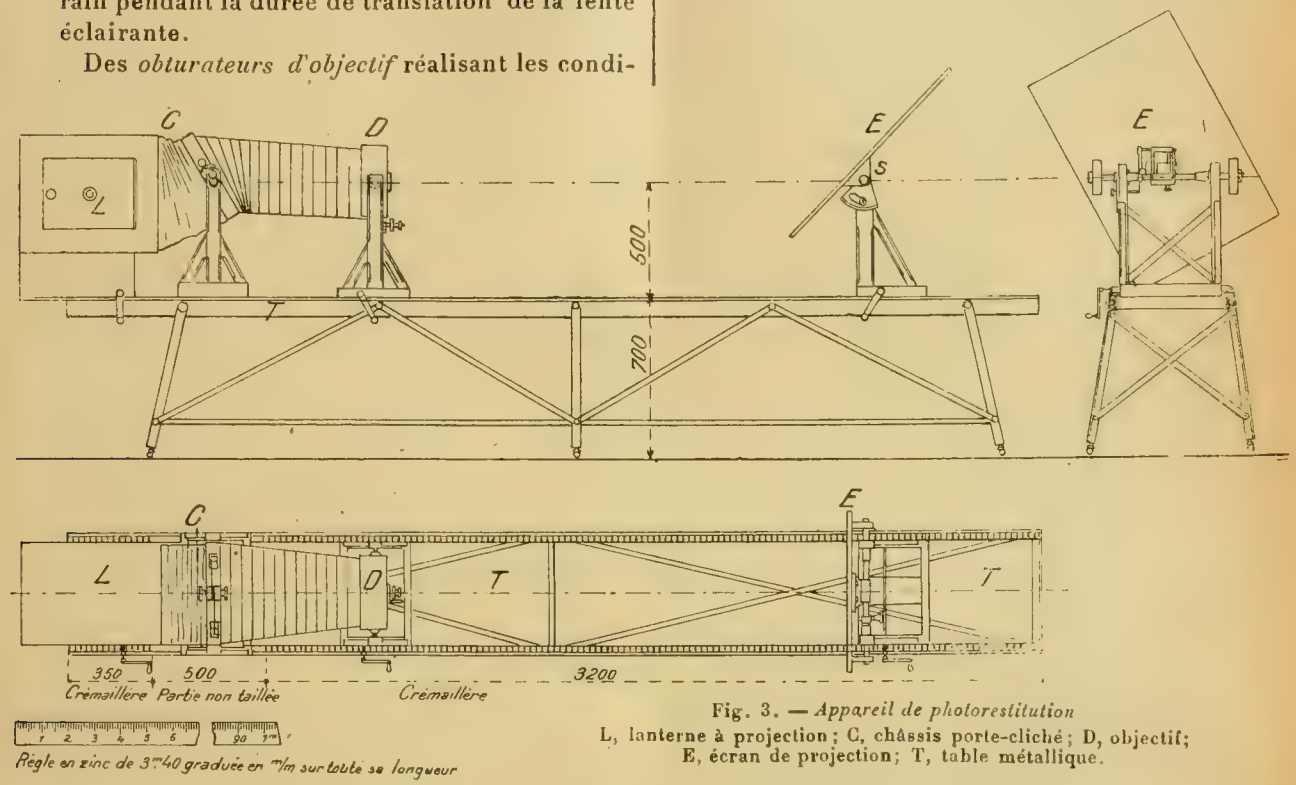


Fig. 3. — *Appareil de photorestitution*
L, lanterne à projection ; C, châssis porte-cliché ; D, objectif ; E, écran de projection ; T, table métallique.

La direction des lignes de plus grande pente du cliché est figurée par un fil tendu dans le plan vertical de l'axe de projection ; un secteur gradué permet la mesure des angles.

3° Un devant de chambre D, portant un objectif de 0,50 m. de distance focale (objectif Tessar-Krauss identique aux objectifs employés pour la photographie en avion et muni d'un dispositif de décentrement avec vis et tambour divisé).

4° Un écran de projection E avec secteurs gradués pour la mesure des angles α'. L'écran est supporté par un dispositif qui permet une mise en coïncidence rapide et parfaite d'un point quelconque d'un calque fixé sur l'écran avec le point correspondant de l'image projetée.

Le corps de lanterne, le porte-cliché et le devant de chambre sont enfermés dans des soufflets constituant chambre noire photographique.

Les différentes parties de l'appareil sont pla-

cées sur une table métallique T très rigide, munie de crémaillère pour les déplacements longitudinaux et de règles divisées pour la mesure des distances p et p'.

§ 2. — Mode d'emploi de l'appareil

Dans la théorie exposée plus haut, nous avons supposé que les repères de restitution étaient dans un même plan *horizontal*, condition qui ne peut être qu'exceptionnellement réalisée; on est donc amené à opérer par approximations successives.

On cherche d'abord à réaliser une coïncidence *approchée* de repères de restitution portés sur un calque à l'échelle E, avec les projections des points homologues du cliché; le nombre de ces repères sera de 4 au minimum. De l'ensemble des lectures faites, on déduit des éléments i, A, V, μ *approximatifs* et qui sont relatifs à un plan de référence moyen voisin de l'ensemble des points de repère; si les cotes de ces points ne sont pas très différentes, on peut considérer ce plan comme horizontal. On aura ainsi la direction approximative des horizontales du cliché.

En partant des éléments provisoires i, A, V, ainsi obtenus, on pourra remplacer les positions géodésiques des points de repère par leurs perspectives coniques vues de la station photographique approchée, en portant les corrections c dans la direction de V pour les points dont la cote est inférieure à celle du plan de référence, dans la direction opposée à V pour les points dont la cote est supérieure à celle du plan de référence. On recommence alors la restitution en assurant la coïncidence, avec les perspectives ainsi déterminées, des points de repère et en donnant le décentrement μ. Si les résultats trouvés diffèrent par trop de la 1re approximation, on recommence une 3e fois l'opération en partant des nouveaux éléments i, A, V obtenus.

Les lectures directes sur l'appareil sont effectués pour p et p', en millimètres et demi-millimètres, pour α et α', en degrés et dizaines de minutes. Lorsque deux opérations successives ont donné des résultats concordants, on remplace le calque des repères par un papier sensible (gélatinobromure type contraste), sur lequel on a préalablement piqué (au coordinatographe) un quadrillage très régulier de 10 en 10 centimètres, afin de pouvoir déterminer ultérieurement le retrait du papier une fois les manipulations terminées.

On tire et on développe la restitution photographique sur laquelle l'image du fil transversal du porte-cliché donne automatiquement la direction de OV.

Après séchage, on inscrit au dos de l'épreuve :

1° les éléments de mesure p, p', α, α', μ;

2° les résultats de la détermination de i, A, D par les abaques.

L'appareil donne en résumé :

a) une photographie redressée horizontalement, le canevas des repères étant à l'échelle E;

b) les éléments nécessaires et suffisants pour corriger cette photographie en fonction du relief s'il est connu ou pour rédiger un levé par intersections, en employant plusieurs photographies du même terrain.

Une théorie de l'approximation des résultats a été établie par M. Roussilhe dans sa note de décembre 1918. Il conviendra, évidemment, de vérifier cette théorie par de nombreuses expériences.

Des essais sont actuellement en cours au Service de la Reconstitution foncière et du cadastre au Ministère des Régions libérées. Nous en dirons seulement qu'ils ont permis d'obtenir une précision inespérée, tout en mettant en évidence des déformations inadmissibles dues à l'emploi des obturateurs d'objectif pour la prise des clichés d'une part et au retrait du papier photographique d'autre part.

Avant d'effectuer ces essais de restitution, on s'est assuré :

1° que l'objectif n'a pas de distorsion sensible;

2° que l'équation caractéristique correspond sensiblement à $\frac{1}{p}+\frac{1}{p'}=\frac{1}{f}=\frac{1}{0,50}$;

3° que, pour les agrandissements compris entre 1,5 et 3 et les inclinaisons variant de 0 à 40°, la projection du cliché sur l'écran est nettement au point dans tout le champ de l'objectif.

§ 3. — Résultats obtenus

Les essais de restitution ont porté sur des photographies aériennes de la commune de Serris (Seine-et-Marne), dont le cadastre a été refait avec beaucoup de soin en 1911.

Les limites de parcelles avaient été signalées sur le terrain au moyen de panneaux de 1 m. 50 de longueur sur 0 m. 20 de largeur, agencés de manière à donner une indication très nette sur le tracé de ces limites : ⊥, +, T.

Les photographies ont été prises à 2.000 m. d'altitude environ; l'agrandissement moyen pour la restitution à l'échelle du cadastre, qui est le 1/2.000, est donc 2 environ.

En particulier, une partie de la planimétrie du cadastre de Serris a été déterminée à l'aide de 4 photographies prises sous des angles de 30 à 35° et redressées à l'échelle du 1/2.000.

Après détermination des 4 points de station, on a tracé sur une même plaque les vecteurs azimu-

taux provenant de chaque station. Les résultats obtenus sont les suivants :

1° pour tous les points déterminés, les 4 vecteurs se coupent en formant un chapeau dont la plus grande dimension ne dépasse pas 0 mm. 2 (soit 0 m. 40 en vraie grandeur) ;

2° la position moyenne de ce chapeau coïncide avec celle du point du plan cadastral à 0 m. 20 près au plus, sauf pour un des points, pour lequel une mesure directe a décelé une erreur de position de 0 m. 40 sur le plan cadastral.

Les essais vont être poursuivis pour la commune de Chalifert en terrain très accidenté et boisé ; leurs résultats seront publiés ultérieurement.

Dès maintement, on peut affirmer que la durée du travail de restitution : préparation des calques, restitution photographique, travaux de laboratoires et de dessin, n'excède pas 6 *heures* par kilomètre carré pour des opérateurs encore peu exercés.

En joignant à ces résultats le caractère tout à fait industriel de la méthode, tant pour la prise des clichés que pour la restitution, on voit combien le problème de la réfection du cadastre, d'une importance si capitale pour les régions dévastées par la guerre, peut recevoir une solution *rapide* avec un personnel réduit et facile à instruire.

Nous ne donnerons pour le moment aucun chiffre pour le prix de revient de ces opérations, mais tout permet de croire que, dans cet ordre d'idées, on arrivera à un résultat tout à fait satisfaisant et que, lorsque la nouvelle méthode aura fait ses preuves sur un large programme d'essai, elle pourra permettre d'entreprendre et de réaliser rapidement, c'est-à-dire en une vingtaine d'années et non plus en une période supérieure à un siècle comme on l'avait prévu, la réfection du cadastre de France.

A. Guillemet,
Capitaine d'Artillerie coloniale H. C.

BIBLIOGRAPHIE
ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Fleury (Ch.). — **Précis de Technologie mécanique.** — 1 *vol. in-8° de 545 pages avec 351 fig.* (*Prix : 27 fr.*). *H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, Paris*, 1919.

Les ouvrages de Technologie mécanique sont assez rares, surtout ceux réellement bien faits, donnant des descriptions claires et suffisamment détaillées des appareils, des méthodes utilisées : c'est le cas de l'ouvrage de M. Ch. Fleury. Dans ce volume tous les renseignements concernant le travail des métaux ainsi que les appareils mis en œuvre se trouvent réunis. L'ordre adopté pour la division de l'ouvrage est des plus logiques. C'est tout d'abord la méthode par fusion ou fonderie. Ce sujet, qui a reçu un certain développement, bien tenu à jour, est un des mieux faits de l'ouvrage. Vient ensuite le façonnage sans enlèvement de matière (forgeage à chaud ou à froid); enfin la méthode de travail des métaux avec enlèvement de matière qui comprend tous les travaux d'ajustage et de finissage. La question des essais des métaux, des mesures et vérifications est exposée d'une façon très claire ; elle est suffisamment complète.

Cet ouvrage, qui d'après le titre s'adresse aux élèves des écoles techniques et professionnelles, répond complètement à son but et nul doute qu'il n'obtienne un vif et très légitime succès.

M. Desmarets.

Gascouin (Général). — **L'Evolution de l'Artillerie pendant la guerre.** — 1 *vol. in-18 de 287 pages de la* Bibliothèque de Philosophie scientifique (*Prix : 5 fr. 75.*) *E. Flammarion, éditeur, Paris*, 1920.

Ainsi que le fait justement remarquer le Général Gascouin, dans le très intéressant avant-propos de son ouvrage, ce n'est pas avant vingt-cinq ou trente ans que l'on pourra songer à écrire l'histoire de la grande guerre. Ce n'est pas moins un devoir, pour tous les acteurs principaux du drame que nous venons de vivre, de faire part au public de leurs observations, d'en tirer les conséquences qui leur paraissent logiques et de les soumettre à la discussion.

Artilleur de mérite, le Général Gascouin aborde cette tâche en se confinant exclusivement dans le domaine de sa compétence. C'est ainsi que délaissant complètement les questions d'ordre stratégique, il ne s'occupe que de l'emploi tactique de l'artillerie et des questions qui en ressortissent. Bien que l'auteur confesse son scepticisme sur les conclusions d'ordre général auxquelles donneront lieu les multiples enquêtes qui vont s'ouvrir prochainement, il n'en est pas moins vrai que beaucoup de ces conclusions s'imposeront à tous.

Il est d'ailleurs possible que les transformations de la tactique dans les luttes futures soient appelées à modifier la plupart d'entre elles. La variété de celles employées de 1914 à 1918 est néanmoins telle, que les grands chefs de l'avenir trouveront toujours à utiliser une partie des nombreux enseignements fournis par l'histoire militaire de ces 4 années.

L'auteur ne manque pas de signaler l'exagération manifeste des conséquences résultant de l'influence attribuée à certains facteurs. Ainsi il montre que l'insuffisance avérée de notre artillerie lourde au début de la campagne a été largement contre-balancée par l'effet matériel et moral de notre artillerie de 75.

Le Général Gascouin fait en outre ressortir la grave erreur commise, tant du côté allemand que du côté français, du fait de l'exaltation de l'offensive tactique à tout prix. L'oubli des effets destructeurs du feu des armes modernes, déjà illustrés par le désastre de la Garde prussienne à St-Privat, par l'insuccès des Russes à la première attaque de Plewna, par les échecs anglais dans la guerre du Transvaal et par les exemples plus récents des guerres de Mandchourie et des Balkans, paraît chose surprenante au premier abord. Elle le devient moins, lorsqu'on songe à la puissance de contagiosité de certaines idées, fussent-elles même contraires au bon sens, lorsqu'elles flattent les instincts ataviques

et qu'elles sont enseignées par des militaires de renom, joignant à l'éclat des services rendus un talent incontestable d'écrivain ou de professeur. Le Général Mangin, dans les articles retentissants qu'il publie en ce moment dans la *Revue des Deux Mondes*, n'a pas tort de comparer l'emprise exercée sur les esprits par ces doctrines à celle des idées religieuses.

Il est vraisemblable que, lorsque les générations ayant participé à la grande guerre auront disparu, celles qui leur succéderont seront à leur tour victimes des mêmes erreurs. L'histoire de nos guerres, depuis Crécy, Poitiers et Azincourt, n'est à cet égard qu'un perpétuel recommencement.

La doctrine de l'offensive tactique à tout prix n'a d'ailleurs été que l'une des nombreuses maladies mentales qui ont sévi dans notre armée au cours de la guerre. C'est avec raison que l'auteur voit dans ce fait une des causes principales qui contribuèrent à retarder l'heure de notre victoire décisive.

Leur énumération, la discussion de leurs origines et de leurs conséquences sont le fond même de l'ouvrage du Général Gascouin. C'est dire tout son intérêt. Il sera lu avec fruit par tous les anciens combattants, tant soit peu cultivés et qui s'intéressent encore aux choses de la guerre.

XXX.

2° Sciences physiques

Turrière (Em.), *Professeur agrégé au Lycée de Montpellier.* — **Le Problème des objectifs de longue-vue dans la Dioptrique contemporaine.** Exposé des recherches de M. Harting. (*Travaux du Bureau d'études d'optique du Service géographique de l'Armée*, fascicule n° 2.) — 1 *broch. in*-8° *de* 149 *pages avec fig. et* 2 *pl. Imprimerie du Service géographique de l'Armée, Paris*, 1918.

Cette brochure de M. Turrière inaugure une série de publications, dans lesquelles seront exposés les principaux résultats obtenus par les écoles d'Optique anglaises et allemandes. Celle-ci est consacrée aux travaux de Harting, qui fut attaché aux maisons Zeiss et Voigtlaender; elle contient de plus une courte notice sur l'histoire des verres d'optique.

La partie la plus notable de l'œuvre de M. Harting a pour objet le calcul des objectifs de longue-vue. Le plus important des mémoires qu'il a écrits est celui qui traite de la théorie de l'objectif astronomique à deux lentilles accolées. Les objectifs de ce type doivent satisfaire aux mêmes conditions que les objectifs de Fraunhofer : distance focale donnée, achromatisme, réduction simultanée des aberrations sphériques sur l'axe et en dehors de l'axe ; et, puisque les lentilles doivent être accolées, leurs faces en regard doivent avoir des courbures égales (condition de Clairaut). Comme dans tous les calculs de ce genre, on cherche d'abord une solution approchée du problème en considérant comme négligeable l'épaisseur du système des deux lentilles; on déduit ensuite du système des rayons de courbure obtenus pour ces lentilles un deuxième système de rayons de courbure correspondant au cas où les épaisseurs ont des valeurs finies.

Pour traiter la première partie du problème, la méthode de M. Harting, directement inspirée par Abbe, consiste à laisser d'abord de côté la condition d'achromatisme et à calculer les rayons de courbure d'un objectif à deux lentilles accolées qui, pour une distance focale donnée, soit exempt de l'aberration sphérique sur l'axe et en dehors de l'axe. Ce calcul fait en supposant aux verres employés toutes les valeurs de l'indice de réfraction moyen que l'on peut rencontrer dans la pratique, on introduit la condition d'achromatisme, et pour chacune des combinaisons d'indices de réfraction considérées on détermine le rapport des dispersions des deux verres à associer pour que l'objectif soit achromatique. M. Harting a construit des tables qui donnent les résultats de ces calculs pour les valeurs des indices comprises entre 1,50 et 1,66.

Pour obtenir les rayons de courbure définitifs, M. Harting détermine la marche des rayons centraux et la valeur des aberrations dans un objectif dont les lentilles auraient les courbures données par le calcul préliminaire, mais auxquelles on attribue les épaisseurs nécessaires à leur construction. On obtient ainsi une nouvelle valeur de la distance focale et des valeurs non nulles pour les aberrations. Mais les variations qu'ont subies et la distance focale et les aberrations sont toujours très petites ; on peut développer chacune d'elles en série de Taylor suivant les puissances des variations des rayons de courbure, ou, ce qui revient au même, des variations des nulinvariants d'Abbe attachés aux surfaces réfringentes du système. On obtient ainsi autant d'équations, du 1er degré, dont les inconnues sont les variations des nulinvariants d'Abbe. Il suffit de les résoudre pour obtenir les grandeurs de ces variations et par suite de celles que doivent subir les rayons de courbure pour qu'on retrouve la valeur imposée de la distance focale et que restent nulles les aberrations.

Cette méthode de calcul a été appliquée par M. Harting aux objectifs de microscope de faible puissance à deux ou à trois lentilles accolées, aux objectifs astronomiques à deux lentilles séparées des types de Fraunhofer et de Gauss ou à trois lentilles accolées, aux objectifs de longue-vue à prisme. C'est au cours de ces études qu'il a rencontré l'équation du 5e degré qui exprime la condition de compatibilité de la condition des sinus avec celle qui annule l'aberration sphérique sur l'axe, et qui avait déjà été considérée par Mossotti.

Tous ces travaux de M. Harting, ainsi que les notes relatives à la courbure d'image et à l'astigmatisme dans les objectifs astronomiques, sont exposés par M. Turrière avec une clarté, qu'apprécieront tous ceux qui les avaient déjà étudiés dans leur texte original. Le lecteur de sa brochure lui saura gré d'avoir donné chaque fois des exemples numériques qui permettent de fixer les idées. Il lira avec intérêt les chapitres consacrés à l'histoire des objectifs à trois lentilles accolées et à celle de la fabrication du verre d'optique. Le lecteur français apprendra avec plaisir que, si l'introduction des verres nouveaux, appelés par les opticiens allemands « verres d'Iena, a renouvelé la technique des instruments d'optique, bien antérieurement à la découverte des verres de la maison Schott, la verrerie française Guinand-Feil-Mantois produisait et vendait sur le marché mondial, en Allemagne surtout, des verres jouissant de toutes les propriétés optiques des verres d'Iéna.

F. Croze,
Maître de Conférences de Physique
à la Faculté des Sciences de Nancy.

Classen (Alex.). — **Quantitative Analysis by Electrolysis.** *Édition anglaise revisée* par William T. Hall. — 1 *vol. in*-8° *de* xiv-346 *p. avec* 52 *fig. et* 2 *pl.* (*Prix cart.* : 17 *sh.* 6 *d.*). *J. Wiley and Sons, New-York; Chapman and Hall, Londres*, 1919.

Cette traduction anglaise du traité d'analyse électrolytique de Classen, publiée en 1919, à New-York, par M. William T. Hall, qui a déjà traduit un grand nombre d'ouvrages allemands (Ostwald, Borcher...) ou écrits en langue allemande (Treadwell), diffère des éditions précédentes et constitue un livre nouveau.

Depuis le premier ouvrage de Classen, paru en 1882, chacune des éditions successives publiées jusqu'en 1887 (5e édition) était la reproduction de l'édition précédente avec de simples additions. Par suite des progrès réalisés dans le domaine de la Chimie physique et tout particulièrement dans celui de l'Électro-chimie, il a été nécessaire de reprendre l'ouvrage primitif, et c'est ce livre nouveau qu'a traduit M. Hall en y apportant quelques modifications, soit dans l'ordre de présentation, soit dans la manière même de présenter les phénomènes et surtout d'exposer les parties relatives à la théorie de ces phénomènes.

Le livre est divisé en quatre parties. La première est consacrée aux théories électro-chimiques : migration des ions, résistance, forces électromotrices, électrolytes simples et complexes, influence de l'agitation, etc. Dans la seconde, les métaux sont classés en cinq groupes et dans chaque groupe est étudiée avec soin la manière dont se comporte chaque métal. La séparation des métaux les plus importants (Cu, Ag, Hg, Au, Pt, Sb, Zn, Cd, Fe, Ni, Co, Pb et Mo) dans les mélanges qui se rencontrent le plus fréquemment fait l'objet de la troisième partie. Enfin dans la quatrième partie sont décrites des analyses spéciales : cuivres, zincs, bronzes, laitons, alliages de plomb, métaux blancs.

La liste des poids atomiques et des tables de logarithmes permettent d'effectuer les calculs.

Cette traduction aura certainement le succès de ses aînées.

PAUL NICOLARDOT,
Docteur ès Sciences physiques,
Examinateur d'admission et répétiteur
à l'Ecole Polytechnique.

Ducloux (E. Herrero), *Vice-Directeur du Musée de la Plata.* — **Disertaciones quimicas** (*Tomo* IV, *primera parte, de la* Biblioteca de difusion cientifica del Museo de la Plata). — 1 *vol. petit in*-8° *de* 140 *p. avec fig. Coni, éditeur, Buenos-Aires*, 1918.

Dans ce petit ouvrage de vulgarisation scientifique, notre distingué collaborateur le Prof. E. Herrero Ducloux a réuni cinq conférences qu'il a prononcées à diverses occasions.

Dans la première : l'Azote dans la nature et l'industrie, l'auteur, après avoir montré le rôle et le cycle de l'azote dans la nature, développe les procédés de fixation de l'azote atmosphérique. — La seconde résume l'état actuel de nos connaissances sur l'interprétation chimique de la fonction chlorophyllienne. — Dans la troisième, intitulée : L'air et la plante, l'auteur examine les divers constituants normaux et accidentels de l'atmosphère et leur influence sur la végétation. — La quatrième est un bon exposé sommaire de nos connaissances sur les phénomènes catalytiques. — Enfin, dans la dernière, à l'occasion de la mort d'Otto von Schrön, M. Ducloux présente le problème de la vie des cristaux, autrement dit de leur développement et des formes auxquelles ils donnent naissance.

Le Musée de la Plata a été bien inspiré en réunissant ces études dans un volume de sa « Bibliothèque de diffusion scientifique ». Par leur précision et leur richesse d'information, elles remplissent bien le but que se propose cette collection.

L. B.

3° Sciences naturelles

Gley (E.), *Professeur au Collège de France.* — **Quatre leçons sur les Sécrétions internes.** — 1 *vol. in*-8° *de* 154 *p.* (*Prix* : 6 *fr.*). *J.-B. Baillière et fils, éditeurs, Paris*, 1920.

M. E. Gley publie en un volume quatre conférences qu'il fit à la fin de 1917 devant les membres de la Société de Biologie de Barcelone sur les glandes à sécrétion interne, question qu'il était en mesure de traiter de main de maître, car il est, parmi les physiologistes contemporains, l'un de ceux qui ont le plus et le mieux étudié ces glandes, et sans doute, parmi les biologistes actuellement vivants, celui qui a recueilli à leur sujet le nombre le plus considérable de résultats expérimentaux. On ne se trouve pourtant pas ici devant un exposé des données acquises sur les divers organes à sécrétion interne ; l'auteur le note expressément en sa préface : « On a tenté, écrit-il, de montrer les directions suivies ou à suivre, de dégager les idées des recherches heureusement accomplies ou en voie sûre d'exécution, de déterminer les conditions et d'indiquer, si possible, quelques-unes des lois des phénomènes étudiés, bref de découvrir les principes qui permettent d'établir une doctrine. »

Voici, d'après M. E. Gley lui-même, l'analyse résumée de son nouveau livre. « Dans la première de ces leçons, l'auteur a voulu, en présentant un exposé à la fois historique et critique de la doctrine des sécrétions internes, en donner une idée générale précise. La deuxième montre à quelles conditions exactes doit répondre le fonctionnement d'une glande, pour que celle-ci puisse être légitimement qualifiée d'endocrine ; un exemple tiré des recherches propres de l'auteur illustre cette démonstration. La troisième leçon est consacrée à la critique approfondie des méthodes trop souvent, voire communément employées dans l'investigation des sécrétions intenses et d'autre part à l'exposé des méthodes rationnelles qui devraient êtres seules mises en œuvre pour cette étude. La quatrième leçon présente les résultats acquis jusqu'à ce jour ou en voie d'acquisition dans le domaine des sécrétions internes et en dégage la signification biologique. La conclusion générale est que, en dépit des fautes commises dans ces recherches, en dépit des erreurs de direction, les notions nouvelles sorties des faits déjà obtenus constituent une véritable révolution en Biologie. »

A lire attentivement cet ouvrage du physiologiste parisien, on trouve assez aisément, me semble-t-il, sa signification profonde. M. E. Gley parle à des biologistes au courant des faits physiologiques fondamentaux, des interprétations qu'on en a données, des conceptions théoriques qu'on a énoncées pour les grouper et pour progresser dans la recherche expérimentale, et, comme il arrive parfois entre collègues entretenant d'amicales relations, il leur ouvre son cœur. Il leur rappelle, avec un noble respect pour les anciens, les vénérables choses du passé ; il leur confie ses colères de les voir méconnues par les uns, incomprises par les autres ; il s'indigne contre ceux qui ont compromis l'œuvre magistralement commencée par des fautes de méthodes, par d'inconcevables négligences expérimentales, par l'abus des explications théoriques ne reposant sur rien de solide ou de précis, par le scandale des applications médicales précipitées et illogiques. Et pourtant l'œuvre à accomplir était merveilleuse : que de résultats on eût obtenus si on avait suivi la méthode qui logiquement s'imposait, tandis qu'hélas « il n'est pas de branche de la Physiologie qui présente un fouillis de tant d'hypothèses vagues, non démontrées et dans beaucoup de cas indémontrables. La terminologie devient excessivement compliquée et on rencontre un mot nouvellement forgé presque chaque mois. Le terme d'hormone est dans la bouche de tout le monde, mais combien peu nous savons sur ces corps ! » Il est temps encore pourtant de faire œuvre utile et belle : il suffit d'élaguer largement, de supprimer tout ce qui ne vaut rien, de ne conserver, comme faits acquis, que ce qui supporte l'examen critique rigoureux, et de rebâtir l'édifice avec des pierres nouvelles, groupées en un assemblage régulier, auxquelles viendront s'ajouter, de-ci, de-là, quelques pierres de ce vieil édifice qu'il faut bien abattre, mais dont tous les matériaux n'étaient pas sans valeur. Et rebâtir est ici bien tentant, car il s'agit non pas d'une simple extension de nos connaissances, mais sans doute d'une rénovation totale d'un grand nombre d'entre elles, et, à vrai dire, d'une grande révolution biologique.

Et j'ai admiré sans réserve cet historique sobrement, mais très fermement documenté, dans lequel M. E. Gley rend à Cl. Bernard, l'inventeur de la première sécrétion interne connue, la sécrétion hépatique du sucre, et l'inventeur de l'expression sécrétion interne, l'hommage qui lui est incontestablement dû ; mais dans lequel il réclame pour Brown-Séquard un hommage équivalent, non pas que ce dernier ait fait œuvre positive à l'abri de toute critique, mais parce qu'il a introduit dans la doctrine bernardienne des sécrétions internes une idée nouvelle, que Cl. Bernard n'y avait certainement point mise, et par là revivifié cette doctrine qui se mourait de consomption et provoqué ce prodigieux développement de nos connaissances sur ces organes mystérieux que sont les glandes à sécrétion interne.

Et j'ai admiré aussi cette critique ferme, véhémente, implacable et vivante au delà de toute expression, dans ces pages que je résumerais volontiers ainsi : « Vous avez fait mauvaise besogne vous qui, pour connaître les propriétés physiologiques des glandes à sécrétion interne, avez employé la méthode des injections des extraits de ces glandes, admettant, sans justifier si peu que ce soit cette hypothèse, que l'extrait de glande est équivalent à la sécrétion de cette glande. Vous avez fait mauvaise besogne, vous, physiologistes, biologiste et pathologistes, expérimentateurs et cliniciens, qui avez, en vos théories aventurées, généralisé hâtivement, sans prendre soin de tenter même superficiellement une vérification de vos dires. Vous avez fait mauvaise besogne vous aussi, thérapeutes et médecins, en adoptant ces théories fausses et en faisant de l'opothérapie le scandaleux abus qui a tant et si légitimement indigné les hommes de bon sens.

Et j'ai admiré enfin la force avec laquelle M. E. Gley formule la définition de la glande à sécrétion interne, qui n'est pas nécessairement la même que celle de la glande vasculaire sanguine, promulgue les règles qui permettront de reconnaître à cette glande vasculaire sanguine ce caractère de glande à sécrétion interne ou de le lui refuser, fixe rigoureusement les conditions nécessaires de l'expérience, etc., et ce n'est pas moi qui blâmerai, tout au contraire, le ton quelque peu autoritaire qu'il prend à l'occasion, car, lorsqu'il s'agit de faire œuvre de purification et de réforme, l'autorité est indispensable, car aussi M. E. Gley est de ceux auxquels personne ne contestera le droit de jeter dans la balance du débat le poids de son opinion.

L'ouvrage de M. E. Gley mérite plus qu'une simple lecture, fût-elle attentive ; il mérite d'être relu et médité, et cela pour deux raisons : d'abord parce qu'il met quelque lumière, beaucoup de lumière même dans la profonde obscurité qui régnait en la demeure des glandes à sécrétion interne, et puis parce qu'il nous révèle une âme physiologique éminemment intéressante ; toutes les âmes physiologiques le sont bien un peu ; l'âme de M. E. Gley l'est plus que celles de beaucoup d'autres, parce que le professeur du Collège de France, tout en étant un éminent physiologiste, est aussi philosophe, et je crois bien que l'âme philosophique est la plus intéressante de toutes.

MAURICE ARTHUS,
Professeur à l'Université de Lausanne.

Sherrington (C.S.), *F. R. S., Professeur de Physiologie à l'Université d'Oxford.* — **Mammalian Physiology.** A COURSE OF PRACTICAL EXERCISES. — 1 *vol. in-4° de* 156 *p. avec* 48 *fig. et* 9 *pl. en noir et rouge* (*Prix cart.* : 15 *sh.* 6 *d.*). *The Clarendon Press, Oxford,* 1919.

L'ouvrage de Sherrington est-il destiné à tous les étudiants qui suivent le cours de Physiologie de l'Université d'Oxford ? nous ne le croyons pas ; il nous paraît impossible, en Angleterre plus encore qu'en France, de pousser à ce degré d'intensité les travaux pratiques de Physiologie imposés aux étudiants ordinaires.

Ils exigeraient une dépense formidable, le sacrifice d'animaux supérieurs, chiens et lapins, non en rapport avec la nécessité de l'enseignement, enfin une pratique du laboratoire autrement prolongée que celle demandée aux étudiants dont le programme est si chargé déjà.

Mais, cette réserve faite, déclarons immédiatement que, pour ceux qui veulent spécialement se consacrer aux recherches expérimentales : physiologistes purs, pharmacodynamistes, etc., ce livre sera des plus précieux et il comble une lacune souvent déplorée dans nos laboratoires : un traité de vivisection pour les Mammifères. Les planches d'anatomie topographique qui ont été dessinées, non par un anatomiste pur, mais par un expérimentateur, ou tout au moins sous son contrôle, rendront les plus grands services, même aux vieux praticiens de laboratoire, quand il s'agira pour eux de faire une opération sur une région non explorée par eux jusqu'alors.

En dehors des expériences sur le cœur isolé, la plupart des opérations ont lieu suivant la méthode, très utilisée par l'Ecole anglaise, de la décérébration. L'animal « *spinal* » ainsi réalisé permet, en effet, des recherches en dehors des effets des anesthésiques. Dans l'appendice, on trouve un exposé très précis de la technique de la décérébration avec les dispositifs utilisés à Oxford.

Les expériences sur l'innervation des vaisseaux et du cœur, sur les réflexes vaso-dépresseurs, etc., font l'objet d'une exposition très méthodique avec des tracés excellents. Peut-être les expériences sur l'adrénaline tiennent-elles une trop grande place.

Signalons également la technique donnée pour l'étude des racines médullaires, de leurs fonctions, des modifications des réflexes des membres, de l'oreille après section des racines sensitives.

Les opérations sur les glandes comprennent celles sur les glandes salivaires, sur le pancréas et très sommairement sur le foie (voies biliaires).

Pour ne pas charger la technique opératoire, un grand nombre de détails techniques sont réunis dans une série de notes terminales.

Ce livre a certainement sa place dans tous les laboratoires de Physiologie.

J. P. LANGLOIS,
Directeur de la *Revue générale des Sciences.*

4° Sciences diverses

Buyse (Omer), *Docteur en sciences économiques, Directeur de l'Université du Travail de Charleroi.* — **Une Université du Travail.** — 1 *vol. in-8° de* 522 *p. avec* 247 *fig.* (*Prix* : 18 *fr.*). *Dunod, éditeur, Paris,* 1914 (*paru en* 1919).

Les lecteurs de la *Revue* connaissent déjà, par un article de Mlle J. Ioteyko paru ici même[1], cette belle institution d'enseignement technique qui a nom l'*Université du Travail de Charleroi*. Ceux que cette question intéresse plus particulièrement trouveront, dans l'ouvrage de son fondateur, M. Omer Buyse, les renseignements les plus détaillés sur les principes, le fonctionnement et les résultats de cette institution, conçue en vue de créer une œuvre adéquate à un milieu industriel et professionnel donné.

Dans la première partie, l'auteur expose les idées fondamentales à envisager dans l'organisation d'un régime d'enseignement technique pour ouvriers et employés d'industrie et de commerce. La seconde partie décrit l'Université du Travail, ses fonctions et ses divers services, et ses organismes permanents d'enseignement technique (écoles professionnelles de jour, écoles de perfectionnement du soir et du dimanche, école industrielle supérieure). Enfin la troisième partie est consacrée au Musée technologique qui complète l'Université du Travail et met en lumière son rôle pédagogique, technique et social.

A l'heure où la crise de l'apprentissage est plus intense que jamais, et où la formation de professionnels qualifiés est absolument nécessaire pour les reconstructions et les développements industriels qui s'imposent, la lecture de l'ouvrage de M. Omer Buyse, fruit d'une longue expérience consacrée par le succès, est l'une des plus riches en suggestions positives et pratiques.

C. M.

1. *Rev. gén. des Sciences* du 15 févr. 1917, t. XXVIII, p. 84.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 19 Avril 1920

1° Sciences physiques. — M. **E. Brylinski** : *Sur le transport de l'énergie électrique à grande distance.* L'auteur étudie la possibilité d'utiliser les propriétés de la ligne demi-onde pour les transports d'énergie électrique à grande distance. Pour une ligne triphasée de 1.200 km., en câbles nus d'aluminium de 5 cm² de section, à 70.000 volts étoilés à l'arrivée, la puissance apparente disponible à l'arrivée pourra être de 80.000 kva. si l'on réalise la condition de demi-onde en augmentant la capacité, et descendre à 20.000 kva. si l'on réalise cette condition en augmentant la self-inductance. L'augmentation de la capacité n'entraîne pas de courant excessif au point-milieu. Il semble que la réalisation de pareilles lignes puisse devenir intéressante dans certains cas particuliers. — M. **S. Posternak** : *Sur les variations de la composition du phosphomolybdate d'ammonium.* Le phosphomolybdate d'Am, précipité des solutions phosphatées diluées en l'absence des sels d'Am, possède une composition normale quant à sa teneur en P et MoO^3. Il présente cependant un mélange variable, suivant la richesse de la liqueur molybdique en NH^4 et la durée de la précipitation, avec des phosphomolybdates di- et tri-ammoniacal. En présence d'au moins 5 °/₀ de nitrate ou de sulfate d'ammonium, le phosphomolybdate se dépose à l'état complexe, en combinaison avec du nitro- ou du sulfomolybdate. Les sels barytiques complexes correspondants se prêtent bien au dosage pondéral précis de P. — MM. **C. Matignon** et **J. Allain Lecanu** : *Oxydation réversible de l'acide arsénieux.* L'acide arsénieux pur et pulvérisé, chauffé à une température suffisante dans un tube contenant de l'oxygène sous pression, se transforme en partie en acide arsénique. En solution aqueuse, sous pression d'oxygène, la même transformation partielle se réalise également à température plus basse. — Mlle **S. Veil** : *Alliages d'oxydes.* L'auteur a déterminé les combinaisons que peuvent former entre eux des oxydes comprimés et chauffés, soit par la mesure de la conductibilité électrique aux températures élevées, soit par celle du coefficient d'aimantation à la température ordinaire. En opérant sur des mélanges en proportions variables d'oxyde de chrome et d'oxyde de cérium, l'auteur a reconnu l'existence des composés $CeO^2.Cr^2O^3$, $(CeO^2)^3.(Cr^2O^3)^4$, $CeO^2(Cr^2O^3)^2$ et $CeO^2(Cr^2O^3)^3$. — M. **G. Mignonac** : *Sur les cétimines. Formation par réduction catalytique des oximes.* L'auteur a réalisé la réduction des oximes par le nickel réduit de son oxyde vers 300°, mis en suspension dans une solution d'oxime dans l'alcool absolu. Par agitation suffisamment énergique dans une atmosphère d'hydrogène, ce dernier est absorbé régulièrement à la température ambiante; on interrompt l'opération dès que la quantité théorique de gaz est utilisée. L'auteur a ainsi obtenu la N-cyclohexylcétimine, Eb. 117-118° sous 9 mm., l'éthylphénylcétimine, etc.

2° Sciences naturelles. — M. M. **Molliard** : *Influence d'une dose réduite de potassium sur les caractères physiologiques du* Sterigmatocystis nigra. Le potassium a une action spécifique très marquée sur le développement du *Sterigmatocystis nigra.* Lorsqu'il est en petite quantité, la croissance devient très lente ; le sucre est en grande partie oxydé, avec formation, à côté de CO^2, d'une quantité importante d'acide oxalique ; il y a aussi absence totale de conidies et du pigment noir apparaissant normalement au début de la période d'autolyse et formation hâtive d'un beau pigment jaune d'or diffusant dans le liquide. — M. **G. A. Boulenger** : *Sur le Gavial fossile de l'Omo.* L'auteur rattache au *Gavialis gangeticus* le reste fossile décrit récemment par M. L. Joleaud sous le nom de *Tomistoma Brumpti* (voir p. 260). — M. **A. Vayssière** : *Sur la faune marine de la côte occidentale du golfe de Marseille.* Le golfe de Marseille présente une faune plus restreinte que celle des côtes de la région de Nice, et cela pour les raisons suivantes : Les courants marins remontant le long des côtes d'Espagne sont renvoyés à l'Est vers Nice par les eaux du Rhône ; la plupart des autres courants sont déviés par la disposition des côtes qui défend l'entrée du golfe, les renvoyant vers Toulon ; ce ne sont donc que quelques courants secondaires qui, poussés par les vents du large, arrivent à pénétrer dans le golfe. L'apport en larves est par suite très réduit et parmi elles il y en a peu qui soient sur le point de se transformer ; leur présence dans cette région ne peut donc avoir aucun effet réel sur la constitution de la faune du golfe. — M. **L. Boutan** : *Rendement comparé d'appareils pélagiques.* L'auteur a expérimenté comparativement : un récipient à 12 orifices munis d'une gaze de soie à mailles larges, et un récipient à 2 orifices seulement surmonté d'un filet pélagique en soie à bluter dont il forme le fond C'est le premier appareil qui donne de beaucoup la meilleure récolte, parce qu'il permet une filtration plus rapide et se colmate moins facilement. — M. **P. Wintrebert** : *La propagation des mouvements ondulants des muscles du squelette chez les embryons avancés de Sélaciens après section ou résection partielle de la moelle.* La section de la moelle en plusieurs tronçons chez les embryons âgés de *Scylliorhincus canicula* laisse intacte la propagation du mouvement ondulant. On obtient l'arrêt de cette propagation par la résection ou la dilacération d'un fragment de moelle qui dépasse 6 métamères. Ces faits s'expliquent en supposant que la liaison nerveuse entre les segments séparés par une section ou par une résection médullaire s'établit par les nerfs périphériques. — M. M. **Baudouin** : *D'une mesure anatomique qui permet le diagnostic du sexe d'un crâne humain : l'indice condylien.* L'auteur appelle *indice condylien* le rapport des diamètres antéropostérieur et transverse maximum de la surface articulaire du condyle occipital. Chez l'homme, il varie seulement de 40 à 50 (moyenne : 45) ; chez la femme, il atteint de 50 à 70 (moyenne : 60). Cet indice permet donc de déterminer facilement le sexe d'un crâne pourvu d'un occipital, dont il peut ne persister, au demeurant, qu'un unique condyle. — M. **P. Portier** : *Le lapin privé de son appendice cœcal régénère cet organe par différenciation de l'extrémité du cœcum.* Lorsqu'on enlève l'appendice cœcal à un lapin, la portion terminale du cœcum se modifie, s'infiltre de lymphocytes et régénère un nouvel appendice qui possède les caractères histologiques et physiologiques essentiels de l'appendice normal. C'est là une preuve du rôle important que joue cet organe chez le lapin, rôle qui consiste d'après l'auteur à phagocyter les microbes de l'intestin et à fournir à l'organisme les nucléines organisées (vitamines) qui lui permettent de rester en santé malgré une alimentation prolongée avec des aliments stérilisés. — M. **Ch. Porcher** : *La rétention lactée.* Lorsque le lait qui se rassemble dans la mamelle n'est pas évacué par traite ou succion, il y a *rétention lactée ;* la pression à l'intérieur de la glande s'élevant, il y a résorption à l'intérieur de l'organisme, tout particulièrement du lactose, qui passe dans l'urine, d'où lactosurie ; le lait de rétention conserve néanmoins son équilibre osmotique, grâce au NaCl qui vient se substituer au lactose défaillant. Cette rétention se produit dans tous les cas où le fonctionnement d'une glande mammaire n'est pas entretenu. — M. M. **Doyon** : *Action anticoagulante et hémolysante du nucléinate de soude. Action sur la levure de bière.* L'auteur a constaté que le

nucléinate de soude, employé à l'état de poudre, possède non seulement le pouvoir anticoagulant, mais exerce aussi une action hémolytique très énergique. Le nucléinate de soude s'oppose, d'autre part, au dédoublement du sucre en alcool et en acide carbonique par la levure de bière. — M. **E. Aubel** : *Le pouvoir stérilisant des acides.* L'auteur a étudié le pouvoir stérilisant de divers acides sur le bacille pyocyanique. Les acides organiques se sont montrés les plus actifs ; leur toxicité est d'autant plus grande que le poids moléculaire est plus faible. L'acide sulfurique occupe une position intermédiaire. Les autres acides minéraux agissent suivant leur normalité et sont le mieux supportés par le bacille.

Séance du 26 *Avril* 1920

1° Sciences physiques. — M. **André Blondel** : *Théorèmes sur les transmissions d'énergie par courants alternatifs analogues à celui de Siemens par courant continu.* I. Dans toute ligne à courants alternatifs douée de résistance, self-induction, capacité et conductance réparties, il existe théoriquement, pour chaque valeur du décalage φ_1 à l'arrivée, une valeur de l'indépendance Z_1 des circuits d'utilisation pour laquelle la puissance reçue passe par un maximum. II. Dans toute ligne du même genre, il existe également une valeur particulière du décalage de l'arrivée φ_1 qui rend maximun la puissance transportée. III. Enfin, la puissance maximum pour un décalage à l'arrivée en avance est égal et de signe contraire à l'angle auxiliaire ψ défini par les constantes de la ligne. Toutefois ces théorèmes, comme celui de Siemens dont ils sont une généralisation, n'ont qu'un intérêt spéculatif. — M. **A. Perot** : *Sur la variation avec la pression de la longueur d'onde des raies des bandes du cyanogène.* Les expériences de l'auteur semblent démontrer que la longueur d'onde d'une raie est plus grande dans la lumière de l'arc dans le vide que dans celle de l'arc ordinaire, et comme les régimes des deux arcs employés (courant, potentiel) sont semblables, on peut penser que c'est la variation de la pression qui est intervenue. La grandeur de la variation relative serait voisine de 1 1/2 millionième. — M. **G. Denigès** : *L'acide iodique réactif microchimique des combinaisons solubles et insolubles du calcium, du strontium, et du baryum.* L'acide iodique, à peu près délaissé en analyse qualitative, mérite une place de premier plan en microchimie. En solution à 10 %, il donne, presque toujours immédiatement, et dans les cas les moins favorables (SO^4Sr, CaF^2) en quelques minutes, des cristaux extrêmement nets et très caractéristiques, formés d'iodates de Ca, Sr et Ba, avec des traces des composés solubles ou insolubles de la série calcique. — M. **V. Auger** : *Sur les sels de la nitrosophénylhydroxylamine (cupferron); sel uraneux.* En solution neutre, le cupferron précipite tous les sels métalliques, sauf les alcalins, mais les sels formés peuvent être divisés en deux classes : les sels simples, décomposés par les acides dilués et insolubles dans le chloroforme, et les sels complexes, solubles dans le chloroforme et qui résistent plus ou moins à l'action des acides forts. Seuls ces derniers semblent pouvoir jouer un rôle intéressant dans les séparations analytiques. Les sels d'uranyle ne sont pas précipités par le cupferron, mais si on les transforme par réduction en sels uraneux, le cupferron précipite totalement Ur en solution acide sous forme de flocons bruns, solubles dans le chloroforme. — MM. **Ch. Mauguin** et **L. J. Simon** : *Action du chlore, de l'acide hypochloreux et du chlorure de cyanogène sur la cyanamide et ses dérivés.* Le chlore et l'acide hypochloreux réagissent sur la cyanamide en solution en donnant des produits qui explosent spontanément en détruisant les appareils. Le chlorure de cyanogène réagit sur la cyanamide argentique en donnant un produit blanc $AgN(CN)^2$, qui est décomposé par HCl avec formation de chlorhydrate de dicyanimide $(NC)^2NH.HCl$; celui-ci est décomposé par l'eau avec formation de biuret. — MM. **A. Haller** et **R. Cornubert** : *Constitution de la méthyléthylcyclohexanone préparée par éthylation de l'α-méthylcyclohexanone.* Comme la diméthylcyclohexanone, la méthyléthylcyclohexanone est principalement constituée par une cétone αα-disubstituée, puisqu'elle donne, en majeure partie, le produit de condensation normal avec l'aldéhyde benzoïque, ainsi qu'une petite quantité de dérivé $C^{23}H^{26}O^2$, où deux molécules d'aldéhyde interviennent. — MM. **J. E. Abelous** et **J. Aloy** : *Hydrolyses digestives par ionisation mécanique de l'eau.* La simple agitation (succussion) ou le barbotage déterminent l'hydrolyse partielle de l'amidon, du lactose, des graisses neutres, de la fibrine. Les effets croissent avec l'élévation de la température. Enfin l'addition de sucs digestifs bouillis active manifestement l'hydrolyse par suite de l'action favorisante qu'exercent les composants minéraux ou organiques de ces sucs, les diastases étant mises hors de cause par l'ébullition préalable.

2° Sciences naturelles. — M. **H. Douvillé** : *Sur l'origine des Orbitoïdés.* L'auteur montre que des formes nouvelles sont apparues par une simple modification dans le développement de l'œuf : une division caryocinétique simple a transformé les *Siderolites* en *Arnaudiella* ; une division double a transformé les *Arnaudiella* en *Orbitoïdes* et les *Siderolites* en *Omphalocyclus*, et cette transformation coïncide avec un changement dans la manière de vivre. Il suffirait que la division caryocinétique se prolongeât un peu plus pour arriver au type métazoaire. — M. **Paul Bertrand** : *Valeur du métaxylème primaire centripète des végétaux anciens ou primitifs.* Il est manifeste que le système vasculaire de beaucoup de végétaux paléozoïques et de beaucoup de Cryptogames vasculaires n'est qu'une combinaison de faisceaux primitifs, unis les uns aux autres par les grosses trachéides scalariformes ou réticulées. Les grosses trachéides représentent donc simplement un *tissu ligneux de conjonction* destiné à réunir les faisceaux primitifs ou *cordons de protoxylème* (pôles trachéens), provenant eux-mêmes des dichotomies répétées d'un faisceau primitif unique. On voit tout le bénéfice que ce nouveau dispositif confère à la plante : augmentation du diamètre de l'organe, qui n'est plus un axe simple, mais un cladode ; augmentation considérable de la capacité du système conducteur ; rigidité plus grande. — MM. **H. Devaux** et **H. Bouygues** : *De l'efficacité du fluorure de sodium employé comme antiseptique pour la conservation des traverses de chemins de fer.* Le fluorure de sodium est un antiseptique réel, mais qui ne doit, en aucun cas, être employé à l'injection des bois soumis aux intempéries et particulièrement des traverses, parce qu'il en est très rapidement enlevé, et laisse le bois sans défense, absolument comme un bois non injecté. — M. **A. Krempf** : *Observations sur le développement de deux Hexacoralliaires. Découverte de stades primitifs révélateurs de l'origine scyphostrobilaire des Anthozoaires.* Alors que Balfour et Sedgwick attribuent comme ancêtres aux Métazoaires segmentés des types primitifs radiaires, ovalisés par élongation de l'un de leurs diamètres, l'auteur fait remonter leur origine, comme celle des Anthozoaires, à des scyphostrobiles évolués de très bonne heure dans le sens de l'altération ou de la perte complète de leur symétrie radiaire par suite de l'atrophie systématisée de leurs structures ventrales, trouble du plan primitif de composition qui voue ces formes à la symétrie bilatérale. — M. **J. Chaine** : *Considérations sur l'apophyse paramastoïde de l'homme.* L'auteur a constaté que la paramastoïde n'est point chez l'homme aussi rare qu'on l'a dit, puisqu'il l'a trouvée dans la proportion de 52 %. Elle présente divers types, reliés par des formes de passage, que l'auteur décrit sous les noms d'apophyse conique, en piqûre de puce, en molaire, crétiforme, massive. — MM. **Weinberg** et **Nasta** : *Rôle des hémolysines dans l'intoxication microbienne et propriétés thérapeutiques des sérums normaux.* L'hémolysine bactérienne, loin d'être inoffensive, peut jouer un rôle important, même primordial, dans l'intoxication générale de l'organisme. La grande rapidité avec laquelle elle se fixe sur les globules

rouges explique pourquoi il est si urgent de recourir à l'injection intraveineuse de sérum, lorsqu'on est en présence d'une infection grave causée par un microbe hémolytique. Les propriétés antihémolytiques du sérum normal expliquent, au moins en partie, les quelques bons effets thérapeutiques obtenus par les cliniciens dans certaines maladies avec les sérums non spécifiques. Il est probable qu'on augmenterait beaucoup l'efficacité de certains sérums préparés contre des microbes hémolytiques (p. ex. streptocoques) en renforçant leur pouvoir antihémolytique.— MM. **A. Marie, C. Levaditi** et **G. Banu**: *Transmission expérimentale du tréponème de la paralysie générale* (virus neurotrope) *par contact sexuel.* Les auteurs montrent que les lésions engendrées chez le lapin par le *virus neurotrope* de la paralysie générale peuvent être transmises par contact sexuel du mâle à la femelle, et inversement, peu de temps après la copulation (22 et 30 jours). Leurs recherches tendent de plus à prouver que le pouvoir fécondant des mâles contaminés par ce virus est diminué, sinon supprimé, tandis que la femelle infectée peut être fécondée par un lapin indemne de syphilis.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 13 *Avril* 1920

M. G. Hayem : *Sur un succédané du sous-nitrate de bismuth.* Le sous-nitrate de bismuth, employé le matin à jeun à la dose de 20 gr., est le médicament *princeps* de la douleur gastrique, quelle que soit son origine. Ce produit étant devenu rare et cher pendant la guerre, l'auteur lui a cherché un succédané, et l'a trouvé dans le *kaolin* en poudre impalpable et bien lavée. L'administration de 20 gr. de ce corps, au besoin légèrement aromatisé, produit des effets moins réguliers et moins soutenus que celle du sel de bismuth, mais suffisants dans la plupart des cas. Ce corps a d'ailleurs été déjà préconisé pour son action désinfectante sur l'intestin.

Séance du 20 *Avril* 1920

M. le Président annonce le décès de M. **H. Treub**, associé étranger.

M. **L. Pron**: *Cinq cents analyses de contenu gastrique de jeûne.* L'analyse du contenu gastrique de jeûne constitue une méthode que rien ne peut remplacer, car elle seule permet, dans de nombreux cas, de différencier l'ulcus de l'hyperchlorhydrie simple, de rapporter au foie les douleurs gastriques éprouvées par les malades et de faire le diagnostic du catarrhe muqueux. — M. **R. Mercier** : *La capacité meurtrière de l'artillerie.* Des documents recueillis au cours de la guerre, il résulte que, pendant l'été et l'automne de 1917, soit en pleine guerre de position, soit au cours de nos attaques victorieuses, il a fallu, sur le front d'un groupe d'armées, 395 coups de canons allemands pour tuer un soldat français, et 76 coups pour en blesser un.

Séance du 27 *Avril* 1920

MM. **P. Etienne, W. Dubreuilh** et **R. Mercier** sont élus correspondants nationaux dans la Division de Médecine.

M. **A. Netter** : *Contagiosité de l'encéphalite léthargique.* L'encéphalite léthargique est certainement contagieuse. Son contage est vraisemblablement véhiculé par la salive. En raison de la longue persistance du virus dans les centres nerveux, le malade doit pouvoir être longtemps susceptible de transmettre son affection. Il y a des raisons très sérieuses pour admettre que l'encéphalite peut être transmise par un convalescent. On est en droit de penser que le mal peut être gagné au contact d'un sujet atteint d'une forme fruste, larvée ou même d'un sujet sain ayant entouré un malade. — M. **A. Chauffard** : *L'immunité acquise au cours des épidémies récentes de grippe.* L'examen des statistiques de l'hôpital Saint-Antoine montre que près des trois quarts des grippés de 1920 se sont rencontrés parmi les sujets indemnes l'année précédente; c'est une preuve indirecte de l'action immunisante de la grippe épidémique. Dans les antécédents d'aucun de ces malades on n'a constaté de grippe *nerveuse fébrile,* ce qui montre, d'autre part, que cette forme, la plus pure et la plus spécifique, est aussi la plus immunisante. — M. **L. Berard** : *A propos de mille opérations pour goitres.* D'après l'expérience de l'auteur, les indications du traitement chirurgical chez les goitreux doivent être beaucoup plus étendues que par le passé, puisque les opérations pour goitre sont parmi les moins dangereuses et les plus efficaces, surtout si l'on n'attend pas pour les pratiquer l'ère des complications graves, dont la plus redoutable est le cancer thyroïdien.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 17 *Avril* 1920

M. **Barthélemy**: *La régénération des nerfs après leur imprégnation par un liquide fixateur.* A la suite de l'injection intranerveuse certaine, à ciel ouvert, d'un liquide fixateur (ac. osmique à 1 ou 2 %, alcool à 80° ou 90°), le nerf dégénère, puis se régénère comme après une section et une suture nerveuse. La différence capitale est qu'après l'injection la régénération se fait d'une manière plus ordonnée, sans phénomènes réactionnels exagérés, sans névrome, tandis que ce névrome est constant après la névrotomie, même suivie de suture idéale par simple juxtaposition sans interposition de corps étranger. — MM. **J. E. Abelous** et **C. Soula**: *Fonction cholestérinogène de la rate.* Il semble que la cholestérinémie observée pendant 1 h. environ consécutivement aux injections d'acides dilués dans le duodénum soit attribuable à une fonction cholestérinogène de la rate qui, selon toute vraisemblance, s'exerce dans les conditions du fonctionnement normal au moment de la digestion et se trouve mise en jeu par le mécanisme qui déclanche les sécrétions intestinales. — MM. **M. Nicolle** et **E. Césari**: *Conception uniciste des anticorps.* D'après les auteurs, tout antigène peut provoquer, chez l'animal qui le reçoit, la formation d'un anticorps spécifique. Cet anticorps se fixe sur l'antigène et le coagule plus ou moins énergiquement, grâce au concours des électrolytes. Tout se borne là en l'absence des compléments; en leur présence, la décoagulation succède à la coagulation, mais cette décoagulation se montrera d'autant moins complète que la coagulation antécédente se sera montrée plus énergique. — MM. **Gosset** et **Mestrezat**: *Les effets rapprochés de la purgation (huile de ricin) sur la sécrétion urinaire; rapports possibles avec le shock opératoire.* La purgation huileuse a un retentissement marqué sur la sécrétion urinaire. On observe, dans les premiers jours qui suivent la prise de la purge: *a*) une oligurie prononcée de 20 à 70 %; *b*) une diminution importante des matériaux excrétés par le rein (moyenne: 30 %); *c*) une modification de la composition de l'azote urinaire avec augmentation relative et parfois absolue du non-dosé azoté. Il y a donc à la fois fermeture partielle du rein et mobilisation d'une quantité anormale de produits azotés mal définis. Sur le terrain du shock anesthésique, une purgation rapprochée de l'acte opératoire enlève en partie au rein le rôle d'émonctoire qu'il joue, à un moment où son rôle serait des plus utiles. — M. **A. Besredka**: *De l'insolubilisation des sérums.* L'auteur insolubilise complètement un sérum en faisant tomber 5 gr. de ce sérum desséché dans 10 cm³ d'eau physiologique, et chauffant dans une boîte de Petri au b.-m. à 57°-58° pendant 1 h. On obtient ainsi une masse demi-solide, couleur d'or, qui desséchée dans le vide peut être coupée en petits blocs durs. Ces blocs pulvérisés sont indéfiniment insolubles dans l'eau. L'émulsion obtenue, injectée dans l'organisme, s'y solubilise avec une extrême lenteur et ne donne pas lieu aux réactions anaphylactiques. — M. **L. Mercier**: *Les glandes salivaires des Panorpes sont-elles sous la dépendance des glandes génitales?* Les Panorpes présentent un dimorphisme sexuel très net des glandes salivaires, qui sont très petites chez la femelle et volu-

mineuses chez le mâle. L'auteur montre que les glandes salivaires n'atteignent leur état fonctionnel complet chez le mâle qu'au moment où l'activité spermatogénétique touche à sa fin. — M. **A. Marie** : *De l'inoculation intracérébrale de la vaccine.* La pulpe vaccinale, introduite directement dans les centres cérébraux du lapin, provoque l'apparition de troubles nerveux mortels. Dès le premier passage, elle se purifie des germes secondaires qui accompagnent le virus de la vaccine. La mort arrive entre le 5e et le 8e jour. — M. **M. Molliard** : *Sur les caractères présentés par le* Sterigmatocystis nigra *en présence d'une dose réduite de phosphore.* La récolte maxima est très diminuée et n'est atteinte qu'au bout de 30 jours; pendant la lente croissance du mycélium, le glucose disparaît plus vite que le lévulose, et à côté du gaz carbonique, il se forme une quantité importante d'acide oxalique; après la disparition totale du sucre, celui-ci est détruit à son tour, au moins en partie. Le mycélium se couvre de conidies dès le 2e jour. — M. **G. Blanc** : *Réinfection expérimentale du cobaye avec le virus de l'ictère infectieux.* Un cobaye qui a résisté à une première inoculation de virus de l'ictère infectieux n'acquiert l'immunité que longtemps après. Dans la phase négative qui précède l'immunité, l'animal est sensibilisé; il réagit plus vite à une seconde infection qu'un animal neuf à la première inoculation.

Séance du 24 Avril 1920

MM. **Ed. Retterer** et **H. Neuville** : *De l'articulation temporo-maxillaire du Macaque commun.* Le ménisque interarticulaire, qui transforme et adoucit les heurts, est fibro-cartilagineux. La cavité glénoïde du temporal est recouverte d'une couche fibreuse. Quant au condyle et à l'apophyse transverse, qui frottent l'un sur l'autre lors des mouvements de mastication, ils sont tapissés de cartilage hyalin, mais celui-ci reste revêtu d'une couche fibreuse. — MM. **H. Cardot** et **H. Laugier** : *Propagation à distance le long du nerf des modifications qui déterminent le décalage de l'excitation d'ouverture.* Le décalage du seuil de l'excitation d'ouverture décrit par les auteurs ne reste pas étroitement localisé au voisinage de l'anode, mais se propage le long du nerf, quelquefois à une distance considérable, sans qu'on puisse jusqu'à présent se rendre compte dans quelles conditions. — M. **D. Clermont** : *Sur le développement de la tente du cervelet chez la Taupe* (Talpa europea). La tente du cervelet est formée à la fois par le pilier moyen et par la partie postérieure de la lame qui sépare les vésicules cérébrales antérieures du cerveau intermédiaire et qui n'est elle-même qu'un dédoublement de la faux du cerveau. Le *tentorium cerebelli* de Kölliker forme les cloisons pie-mériennes qui créent les limites des ébauches des lobes ou lobules du cerveau; il n'a pas de rapports avec les faces latérales des méninges. — M. **J. Jacobson** : *L'action de l'alcool benzylique sur les toxines et sur la tuberculine.* Des doses mortelles de toxines diphtérique et tétanique, mélangées *in vitro* avec l'alcool benzylique, puis injectées sous la peau à des cobayes neufs, ne provoquent pas la mort. La réaction fébrile produite chez le cobaye tuberculeux par injection de tuberculine additionnée d'alcool benzylique est bien moindre qu'avec la tuberculine seule. Un cobaye tuberculeux qui a reçu une dose mortelle de tuberculine additionnée d'alcool benzylique ne succombe pas s'il présente de la tuberculose généralisée, et n'offre pas de symptômes généraux s'il n'a pas la tuberculose généralisée.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 16 Avril 1920

M. **Walser** : *Réalisation d'un dioptre sonore entre l'eau et l'air. Application à l'écoute sous-marine.* L'appareil Walser fut conçu et réalisé au début de 1917. Il n'existait alors que des appareils d'écoute en station. Le but que se proposait l'auteur était de permettre au bâtiment écouteur en marche d'entendre et de relever un sous-marin d'une façon continue et, par suite, de se diriger directement sur lui pour l'attaquer en le surmontant. Il fallait donc réaliser un appareil sélectif, c'est-à-dire plus sensible au bruit du sous-marin qu'aux bruits parasites résultant de la propulsion du navire (bruits des machines, des auxiliaires et de l'hélice, bruits de la mer et du sillage). Or ces bruits parasites sont généralement répartis sur tout l'horizon par rapport à l'appareil. Si l'oreille recueille leur ensemble, elle est assourdie, mais si elle ne perçoit que ceux de ces bruits qui sont dans la même direction que le sous-marin, elle arrivera plus facilement à distinguer le bruit de celui-ci. Elle fera en réalité de la *sélection en direction.* C'est un phénomène analogue qui permet à l'œil, observant dans une lunette astronomique ou du fond d'un puits, de distinguer une étoile en plein jour. L'appareil Walser est un dioptre acoustique : il réfracte et condense en un foyer, dans l'air, une onde sonore aquatique tombant sur sa surface. La position du foyer dans l'espace dépend de la direction d'où vient le son. La détermination de cette position par l'oreille, ou par un cornet acoustique relié à l'oreille, permet non seulement de déduire la direction du son, mais encore de rendre celui-ci plus distinct, en l'isolant, dans une certaine mesure, des bruits parasites. Pour faire passer le son de l'eau dans l'air, il n'est pas possible d'employer des tôles métalliques épaisses, qui donnent lieu à des pertes trop importantes (réflexions, vibrations transversales, etc.). Le seul moyen pratique est l'emploi d'un diaphragme capable de céder aux variations de pression de l'eau et, par suite, de transmettre à l'air des amplitudes suffisantes. La construction de l'appareil Walser repose sur une application directe, pour ainsi dire synthétique, du principe d'Huyghens, et les résultats obtenus, exactement conformes aux lois de l'Optique géométrique, constituent une preuve, particulièrement frappante, de la réalité physique de ce principe appliqué au son. Supposons qu'un grand nombre de petits diaphragmes (petits par rapport à la longueur d'onde du son dans l'air), répartis sur une surface assez grande et voisins les uns des autres, obturent des orifices pratiqués, dans le bordé du navire, sous la flottaison. Chacun de ces diaphragmes subissant synchroniquement les variations de pression de l'eau en contact, agira dans l'air, à l'intérieur du navire, comme une source sonore pratiquement ponctuelle, c'est-à-dire comme un centre d'émission d'ondes sphériques. Toutes ces ondes sphériques élémentaires interféreront pour donner lieu à une onde résultante qui sera leur enveloppe. Tout se passera comme si, la coque devenant transparente au son, celui-ci se réfractait régulièrement, en passant de l'eau dans l'air. La vitesse du son dans l'air étant plus faible que dans l'eau, le rayon se rapproche de la normale et, quelle que soit l'incidence, il ne peut y avoir de réflexion totale. D'autre part, c'est un fait expérimentalement reconnu qu'un petit diaphragme séparant l'eau de l'air est impressionné pratiquement avec la même intensité, que l'incidence soit tangentielle ou normale. Il s'ensuit que, même un bruit venant des directions de l'avant ou de l'arrière du navire pénétrera, sans atténuation relative, à l'intérieur, en suivant les lois géométriques de la réfraction. Si la surface de séparation ainsi constituée entre l'eau et l'air est sphérique et tourne sa convexité vers l'eau, l'onde réfractée sera sensiblement sphérique et convergente, c'est-à-dire qu'elle se condensera en un foyer où les pulsations aériennes envoyées par les différents diaphragmes seront constamment en accord de phase. Lorsque varie l'incidence du son, le lieu des foyers sera sensiblement une demi-ellipse située dans le plan diamétral horizontal de la sphère. En pratique, l'appareil Walser est constitué par une calotte sphérique en tôle d'acier épaisse, de 1 m. 30 de diamètre de base et 1 m. 50 de rayon. Cette calotte est percée d'une centaine de trous de 15 mm. à 20 mm. de diamètre et ces trous sont obturés extérieurement par des diaphragmes en laiton ou de préférence en caoutchouc épais de 80 mm. de diamètre libre; les diaphragmes sont disposés de façon à ménage une lame d'air mince entre eux et la tôle pour réaliser

r

des capsules manométriques ou stéthoscopiques. Deux calottes ainsi constituées sont placées symétriquement sur la coque au-dessous du tournant des formes après enlèvement de la partie de bordé correspondante. A l'intérieur du navire, en face des calottes sont installés deux appareils récepteurs également symétriques. L'appareil récepteur comporte un cornet acoustique et communication avec l'oreille par un tuyau en partie souple, et un dispositif susceptible de déplacer ce cornet de telle façon que son centre d'ouverture décrive la demi-ellipse lieu des foyers, l'axe du cornet restant toujours dirigé vers le pôle de la calotte. Comme le lieu des foyers reste dans le plan diamétral horizontal de la sphère quelle que soit l'inclinaison au roulis du bâtiment, tout l'appareil récepteur peut pivoter autour du diamètre horizontal et longitudinal, et est équilibré par des contrepoids. L'observateur placé au centre porte un casque d'écoute auquel aboutissent les tuyaux venant des deux cornets. En déplaçant ceux-ci à distance au moyen d'un levier, d'un tambour et de transmissions, il explore auditivement tout l'horizon. Lorsqu'il a trouvé le maximum d'un son, il lit le relèvement de sa source en face d'un index fixe, sur une graduation portée par le tambour. Un bon observateur détermine ce relèvement avec une approximation de 5°. L'observateur et l'ensemble des appareils sont naturellement enfermés dans une cabine acoustiquement isolée des bruits du bord. La pratique a montré que l'appareil Walser permettait l'écoute en marche aux vitesses de 5 à 7 nœuds à des distances comparables à celle que l'on obtenait jusque-là au repos, que l'écoute à des vitesses supérieures était encore possible avec une portée moindre, et qu'enfin on arrivait à découvrir et à relever un sous-marin au milieu d'autres navires se faisant entendre dans des azimuts différents. L'appareil a été employé avec succès dans les derniers mois de la guerre dans la lutte contre les sous-marins ennemis.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

Section de Londres

Séance du 2 Février 1920

MM. H. M. Wells et J. E. Southcombe : *Théorie et pratique de la lubrification.* Les auteurs distinguent entre la lubrification des arbres à grande vitesse avec un grand excès d'huile, où le frottement est surtout une fonction de la viscosité de l'huile, et les paliers à haute pression et faible vitesse, où les mesures de viscosité ne sont d'aucun secours pour le choix du lubrifiant. Comme seuls les liquides qui mouillent une surface solide possèdent un pouvoir lubrifiant dans le sens généralement accepté, les auteurs en ont étudié expérimentalement les propriétés capillaires. Ils ont trouvé que la tension interfaciale par rapport à l'eau des huiles animales et végétales est beaucoup plus faible que celle des huiles minérales, et que cet abaissement est dû à la faible teneur en acide gras libre des huiles grasses ; en enlevant les acides gras libres des huiles saponifiables, la tension s'élève, et en ajoutant des acides gras libres à une huile minérale, on peut abaisser sa tension. Il s'ensuit que, si l'on ajoute à une huile une substance qui provoque un abaissement de la tension interfaciale, cette addition agit favorablement au point de vue de la lubrification en empêchant une rupture de la pellicule liquide et le contact direct entre les métaux. M. L. Archbutt a conclu, d'expériences récemment présentées devant la Société de Physique de Londres, que l'addition de 1 % d'acides gras libres à une huile minérale abaisse le coefficient de frottement de la même quantité que 60 % d'huile de colza, ce qui confirme l'idée des auteurs que ce n'est pas le glycéride, mais les acides gras libres d'une huile complexe qui améliorent sa valeur lubrifiante.

Section de Manchester

Séance du 9 Janvier 1920

M. H. Moore : *Nouvel instrument pour mesurer la tension de vapeur.* La détermination de la volatilité des essences pour moteurs par le procédé de la distillation fractionnée ne constitue pas une mesure directe de la volatilité; elle ne peut indiquer qu'indirectement la façon dont l'essence se comporte dans le moteur. Dans le carburateur à jet actuel, le combustible est pulvérisé, puis amené dans le cylindre en partie à l'état de mélange gaz-air, en partie sous forme de brouillard fin. La partie qui n'est pas à l'état gazeux peut être gazéifiée par la chaleur du cylindre si le moteur a déjà marché, et aussi par la chaleur de compression. Le rapport entre les quantités de combustible à l'état liquide et à l'état gazeux détermine la facilité de départ et aussi la « flexibilité » du moteur quand il marche à diverses charges et vitesses. La proportion volatilisée dépend de la tension de vapeur, dont la connaissance est essentielle pour l'évaluation des essences pour moteurs. L'instrument de l'auteur pour déterminer la tension de vapeur des essences consiste en deux tubes d'environ 5 mm. de diamètre et 700 mm. de longueur, reliés l'un à l'autre et à une bouteille contenant du mercure, au moyen d'une pièce en Y et de tubes en caoutchouc à parois épaisses. Les deux tubes sont fixés verticalement et possèdent des robinets scellés au mercure à leur extrémité supérieure, l'un d'eux est entouré d'un manchon d'eau contenant un thermomètre et dont la température peut être réglée. Quand on élève le flacon de mercure et qu'on ouvre les robinets, le mercure remplit les tubes ; en fermant les robinets et abaissant le flacon, on crée deux colonnes barométriques. Pour faire une détermination, la coupe surmontant le tube à double enveloppe est remplie d'essence pour moteur ; on en fait passer dans le tube une petite quantité mesurée, puis on place assez de mercure dans la coupe pour assurer une fermeture effective. On abaisse le flacon et l'on observe la différence de hauteur du mercure dans les deux branches, qui mesure la tension de vapeur de l'essence. Les lois qui règlent la tension de vapeur des mélanges d'essences sont assez complexes ; un mélange de deux substances solubles peut avoir une tension de vapeur plus basse ou plus élevée que celle de l'un quelconque des constituants, ou peut même s'approcher de la somme des tensions de vapeur individuelles. Les cas de ce genre sont d'une grande importance pour la pratique. Lorsque la tension de vapeur dépasse la valeur requise, on peut trouver de nombreux combustibles à bas prix dont l'addition permet de réduire la volatilité dans les proportions désirées. L'auteur a construit des graphiques donnant les tensions de vapeur de mélanges alcool-benzène et alcool-pétrole à diverses températures.

Séance du 6 Février 1920

MM. F. S. Sinnatt et A. Grounds : *Une nouvelle caractéristique du charbon : la courbe d'agglutination.* Quand de la houille collante est mélangée avec une certaine proportion d'une substance inerte pulvérisée, sable ou anthracite, et qu'on carbonise le mélange résultant, le coke ne forme pas un bouton cohérent si la teneur en matière inerte dépasse une certaine limite. Cette limite est une mesure de la valeur agglutinante du charbon. Les auteurs ont trouvé que le pouvoir collant du charbon peut être détruit par une très petite proportion d'une substance inerte excessivement fine. Ils donnent des courbes montrant la proportion de matière inerte de divers degrés de finesse qu'un charbon particulier peut retenir tout en donnant encore un coke cohérent. Cette courbe varie de forme pour les divers charbons et est appelée « courbe d'agglutination ». Les auteurs pensent que la forme de la courbe pourra être utilisée pour déterminer le type de coke qu'un charbon donnera par carbonisation. Le carbone d'électrodes pulvérisé est l'une des substances les plus convenables comme matière inerte pour l'exécution des essais. —

MM. **T. Callan, J. A. Henderson** et **N. Stafford** : *La détermination du groupe nitré dans les composés organiques aromatiques.* La réduction du groupe nitré par un excès d'agent réducteur (chlorure titaneux ou stanneux, p. ex.), suivie d'une détermination de l'excès de réducteur, est une méthode qui donne de très bons résultats dans un grand nombre de cas, mais qui, avec certaines substances, comme l'α-nitronaphtalène ou l'*o*-nitroanisol, fournit des valeurs trop faibles et discordantes, par suite de la formation d'amines chlorées. Les auteurs ont constaté qu'on peut obvier à cet inconvénient en employant le sulfate titaneux en solution sulfurique au lieu du chlorure titaneux en solution chlorhydrique.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE BELGIQUE

Séance du 1er Octobre 1919

Sciences physiques. — M. **Th. De Donder** : *La gravifique* (IV). — M. **E. Henriot** : *Sur les invariants optiques* (I). Lorentz a mis en évidence que, lorsqu'un corps passe d'une forme cristalline dans une autre, certaines fonctions des indices principaux et de la densité doivent rester constantes ; ce fait a été soumis récemment à une nouvelle étude théorique par Brillouin. L'auteur développe cette théorie et l'applique aux biréfringences accidentelles ; il trouve que la biréfringence est la résultante de deux effets, l'un provenant de la structure, l'autre de l'anisotropie de la molécule. — M. **J. Timmermans** : *Essai sur l'analyse piézométrique.* II. Etude des systèmes dont la température de congélation peut passer par un maximum. III. La cristallisation sous pression élevée dans ses rapports avec la solubilité mutuelle des liquides. — M. **J. Gillis** : *Isomérisation et polymérisation du sulfocyanure de méthyle.* Etude de la transformation du sulfocyanure de méthyle en son isomère, le sénévol méthylique, et son polymère (trimère) à diverses températures. A 130° l'isomérisation et la polymérisation s'observent déjà nettement. Elles sont catalysées différemment par des substances étrangères. — M. **A. M. Jorissen** : *Recherches sur la cyanogenèse. Une réaction de l'acide citrique.* Etude de la formation d'acide cyanhydrique dans des solutions diluées d'acide citrique, exposées à la lumière en présence de composés ferriques.

Séance du 8 Novembre 1919

1° Sciences physiques. — M. **E. Henriot** : *Sur les invariants optiques* (II). Calculs montrant que les deux effets qui constituent la biréfringence accidentelle sont du même ordre de grandeur.

2° Sciences naturelles. — M. **M. Lohest** : *Discordance de stratification entre le Calcaire carbonifère et le Houiller en Belgique* (note préliminaire).

Séance du 15 Décembre 1919

1° Sciences mathématiques. — M. **L. Godeaux** : *Les surfaces bicanoniques doubles ayant un nombre fini de points de diramation.*

2° Sciences physiques. — M. **E. Henriot** : *Sur les invariants optiques* (III). Comparaison de données numériques aux résultats théoriques ; il y a concordance quant aux ordres de grandeur. — M. **R. Crombez** : *Mesures d'indices de réfraction de solutions de substances absorbantes.* En appliquant les lois approchées des mélanges, l'auteur déduit de ses mesures les indices des substances colorantes pures et trouve un bon accord avec les valeurs observées directement sur des prismes de ces substances.

3° Sciences naturelles. — M. **J. Anten** : *Sur le Salmien de la vallée de la Lienne.* — M. **P. Fourmarier** : *Le contact du Dévonien et du Calcaire carbonifère à Horion-Hozémont.* J.-E. V.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 29 Novembre 1919

1° Sciences mathématiques. — M. **W. Kapteyn** : *Sur une formule de Sylvester.* Correction d'une formule communiquée par Sylvester en 1857. — MM. **L. E. J. Brouwer** et **Hendrik de Vries** présentent un travail de M. **B. von Kerekjarto** : *Sur les groupes topologiques finis de la surface de la sphère.* Nouvelle démonstration du théorème disant que les groupes de transformation topologiques, finis, à indicatrice invariable, de la surface de la sphère sont identiques aux groupes des corps réguliers.

2° Sciences physiques. — M. **F. A. H. Schreinemakers** : *Equilibres in-, mono- et divariants.* XX. Equilibres de *n* constituants dans *n* phases, où la quantité d'un des constituants tend vers zéro ; l'influence d'une nouvelle substance sur un équilibre invariant (*P* ou *T*). — MM. **W. H. Julius** et **J. P. van der Stok** présentent un travail de M. **W. J. H. Moll** : *Un nouveau microphotomètre enregistreur.* Ce nouvel appareil est basé sur le même principe que le microphotomètre de Koch, mais la combinaison cellule photo-électrique et électromètre est remplacée par la combinaison pile thermo-électrique et galvanomètre. — MM. **Ernest Cohen** et **P. van Romburgh** présentent deux travaux de M. **Nil Ratan Dhar** : *Catalyse.* VII. *Notes sur la catalyse dans des systèmes hétérogènes.* Etude de l'augmentation de la vitesse de dissolution du sulfate ferrique anhydre par la présence d'agents réducteurs, et du pouvoir accélérant de sels ferreux et ferriques sur l'action de l'acide nitrique sur le cuivre. *Notes sur les cobaltamines.* — MM. **A. F. Holleman** et **S. Hoogewerff** présentent un travail de MM. **A. J. den Hollander** et **F. E. van Haeften** : *Sur les produits nitrés du p-dichlorobenzène.*

3° Sciences naturelles. — MM. **G. van Rynberk** et **C. Winkler** présentent un travail de M. **H. T. Deelman** : *Contribution à la connaissance de la dermatomérie chez les oiseaux (pigeon).* Il résulte des expériences faites par l'auteur que chez les oiseaux aussi les domaines sensibles des racines nerveuses forment sur le tronc une série ininterrompue de zones en forme de ceinture, s'étendant de la médiane dorsale à la médiane ventrale. — MM. **H. Zwaardemaker** et **J. Boeke** présentent un travail de M. **A. J. P. van den Broek** : *L'influence d'éléments radio-actifs sur le développement.* Des larves de grenouille, placées dans un milieu contenant un élément radio-actif antagoniste du potassium, se développent et se métamorphosent moins rapidement que dans un milieu contenant du potassium. — MM. **G. A. F. Molengraaff** et **Max Weber** : *La relation entre l'époque glaciaire pleistocène et la formation de la mer de la Sonde (mer de Java et mer de Chine septentrionale) et l'influence de cette relation sur la distribution des récifs coralliens et les faunes terrestres et d'eau douce.*

Séance du 27 Décembre 1919

1° Sciences physiques. — MM. **Ernst Cohen** et **A. L. Th. Moesveld** : *Retards dans la cristallisation de solutions sursaturées.* Etude du fait que des solutions sursaturées de CdI^2 restent sursaturées, alors même qu'elles sont en contact avec le sel solide. Cela provient de la présence de traces de $Cd(OH)^2$. Un phénomène semblable s'observe avec le nitrate de plomb. *La métastabilité des éléments et de leurs combinaisons comme conséquence de l'énantiotropie ou de la monotropie et son importance pour la chimie, la physique et la technique. V. L'iodure de cadmium.* Entre la température ordinaire et son point de fusion, l'iodure de cadmium se présente en deux modifications, qui sont entre elles dans le rapport de monotropie.

2° Sciences naturelles. — M. **Eug. Dubois** : *Les rapports quantitatifs du système nerveux déterminés par le mécanisme du neurone.* — MM. **A. A. Hymans v. d. Bergh** et **P. Muller** : *Sur le lipochrome du sérum. I.* J.-E. V.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

31e ANNÉE N° 11 15 JUIN 1920

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences, de l'Académie de Médecine

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Mathématiques

Un nouvel appareil pour le tracé des coniques. — Dès la découverte des sections coniques par Ménechme, l'attention des mathématiciens s'est portée vers le tracé mécanique de ces courbes, mais les nombreux mécanismes inventés dans ce but n'ont obtenu qu'un succès partiel. Ni les appareils de Sylvester (avec 13 liaisons) et de Peaucellier (avec 15 liaisons), basés sur le principe de l'inversion, ni le conographe de Jurges (avec 8 glissements) basé sur la constance du rapport anharmonique, ne sont d'un emploi commode.

M. A. F. Dufton vient de présenter à la Société Royale de Londres [1] un appareil beaucoup plus simple et pratique, qui peut décrire toutes les sections coniques comme polaires réciproques d'un cercle.

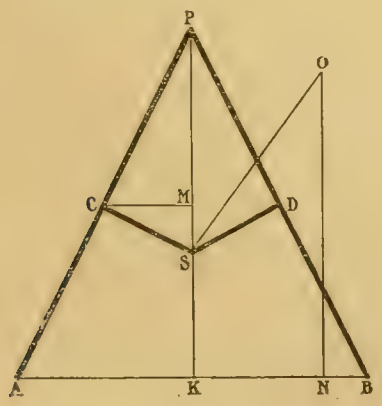


Fig. 1.

Le cercle, de centre O et de rayon ON, est enveloppé par une ligne droite AB (fig. 1). Les points A et B se trouvent sur une ligne droite fixe à une distance ON de O, et le papier contenant le cercle tourne autour de O. Au papier est fixé, au centre de réciprocité, qui devient un des foyers de la conique, le joint S d'une liaison à quatre bras. Deux bras égaux SC et SD pivotent autour des points milieux C et D de bras égaux ACP et BDP liés ensemble en P. La liaison possède la propriété que P est le pôle de AB par rapport à un cercle de centre S et de rayon $(SC^2-CP^2)^{1/2}$. Car, si PK et CM sont perpendiculaires à AB et SP respectivement, on a :

$$SK.SP=(SM-KM)(SM+MP)=SM^2-MP^2=SC^2-CP^2.$$

P décrit donc sur le papier la polaire réciproque du cercle de centre O et de rayon ON, c'est-à-dire une conique

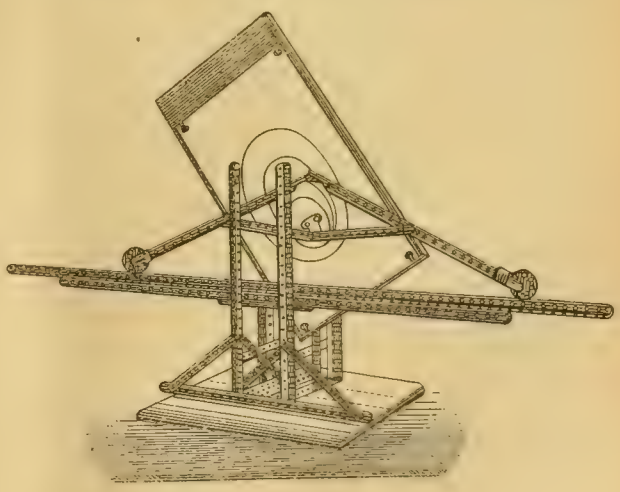


Fig. 2.

de foyer S, d'axe SO, d'excentricité OS/ON, et de côté droit $2(CP^2-SC^2)/ON$.

Le premier modèle de l'appareil, construit avec un « mécano », est représenté par la figure 2. Des roues,

1. *Proc. Roy. Soc.*, A, t. XCVII, n° 683, p. 199.

roulant sur un rail horizontal, figurent les points A et B. L'axe de la charnière P est un tube de verre qui, effilé en pointe, sert de plume. Le papier est épinglé sur une planche à dessin, qui peut tourner dans son propre plan autour d'un axe horizontal supporté par des roues à friction. En faisant tourner la planche, la plume trace la conique sur le papier.

On fait varier le côté droit, qui dépend de la longueur ON, par l'ajustement vertical du rail. L'excentricité OS/ON de la conique est déterminée, quand le rail est fixé, par l'excentricité OS du foyer par rapport à l'axe de rotation.

Les courbes représentées par la figure 3 ont été

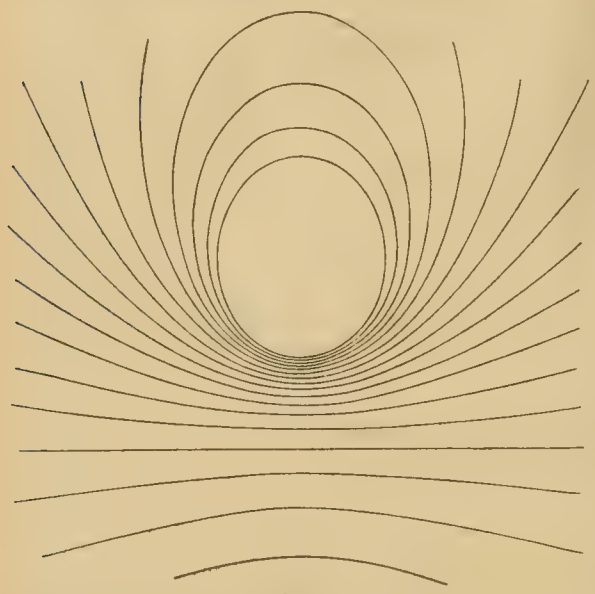


Fig. 3.

obtenues avec ce modèle. Par la précision remarquable d'un instrument assez grossier, par le tracé de la courbe d'un seul jet et par l'application à toutes les coniques depuis le cercle jusqu'à la ligne droite, cet appareil offre une solution satisfaisante d'un très ancien problème.

§ 2. — Physique

Sur une possibilité du calcul de la vitesse absolue du système solaire. — Les recherches modernes dans le domaine de l'électricité ont montré la possibilité de mesurer des grandeurs purement mécaniques par des procédés purement électriques. Mais les mesures d'une quantité mécanique, effectuées d'abord par un procédé mécanique, ensuite par un procédé électrique, conduisent quelquefois à des valeurs différentes. Je suis porté à croire que ces différences dans les valeurs obtenues peuvent être attribuées à la vitesse absolue du système solaire. C'est ce que je veux montrer dans la présente Note.

Dernièrement, M. A. C. Crehore[1] a publié, pour la constante de la gravitation universelle, la formule :

$$K_e = \frac{h^2}{3e^2 m_0}, \tag{1}$$

où K_e est la constante de la gravitation universelle mesurée électriquement ; h, la constante de Planck ; e, la charge d'un électron ; m_0, la masse d'un électron au repos.

En insérant : $h = 6{,}56.10^{-27}$; $e = 4{,}774.10^{-10}$; $m_0 = 0{,}898.10^{-27}$, on trouve :

$$K_e = 704.10^{-10}. \tag{2}$$

1. *Journal of Electricity*, t. XLIV, n° 3, p. 118-119; 1er février 1920.

D'un autre côté, la constante de la gravitation universelle mesurée mécaniquement a, comme il est connu, pour valeur (moyenne des meilleures observations) :

$$K_m = 666.10^{-10}, \tag{3}$$

où K est la constante de la gravitation universelle mesurée mécaniquement. M. Crehore attribue cette différence à des erreurs possibles dans les mesures mécaniques. Je vais montrer que cette différence entre les valeurs de K_e et K_m peut nous permettre d'estimer la *vitesse absolue* du système solaire.

Désignons par M_0 la masse d'un corps en repos absolu et par M_v sa masse quand le corps sera animé de la vitesse absolue v. En considérant que l'accroissement de masse du corps correspond à l'accroissement de son énergie cinétique, et en considérant, dans une première approximation, que le carré c^2 de la vitesse de la lumière est l'équivalent énergétique de la masse, nous pouvons écrire :

$$M_v = M_0 + \frac{M_v v^2}{2} \cdot \frac{1}{c^2}, \tag{4}$$

d'où l'on trouve :

$$M_v = \frac{M_0}{1 - \frac{v^2}{2c^2}}. \tag{5}$$

En comparant cette formule à la formule de Lorentz :

$$M_v = \frac{M_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{M_0}{1 - \frac{v^2}{2c^2} - 1/8\frac{v^4}{c^4} - \ldots\ldots}, \tag{6}$$

on voit que ces deux formules sont identiques quand le rapport v/c est suffisamment petit.

Considérons maintenant deux masses égales, situées à une distance r, et soit F leur force d'attraction mutuelle par gravitation universelle que nous considérons ne pas être affectée par le mouvement absolu commun aux deux masses. En considérant que K_e se rapporte au repos absolu et K_m au mouvement actuel du système solaire, puisque les mesures de K_m ont été faites dans le système solaire, nous obtenons :

pour le cas du repos absolu

$$F = K_e M_0^2 r^{-2}; \tag{7}$$

dans le système solaire

$$F = K_m M_v^2 r^{-2}. \tag{8}$$

Suivant notre conception de la question, nous devons avoir

$$K_e M_0^2 r^{-2} = K_m M_v^2 r^{-2}, \tag{9}$$

ou bien encore

$$M_v^2 = \frac{K_e}{K_m} M_0^2 \tag{10}$$

En comparant à la formule (5), on trouve

$$\left(1 - \frac{v^2}{2c^2}\right) = \frac{K_m}{K_e} = \frac{666}{704} = 0{,}946, \tag{11}$$

d'où l'on obtient directement :

$$v = 0{,}224\, c, \tag{12}$$

expression qui donne la valeur numérique v de la vitesse absolue cherchée du système solaire.

En faisant usage de la formule de Lorentz, on obtient

$$v = 0{,}232\, c. \tag{13}$$

Les deux valeurs sont du même ordre de grandeur.

La conception générale qui se dégage de cette courte discussion est la suivante. Nous considérons qu'un corps est en *repos absolu* quand sa masse est *minimum*. Quand la vitesse d'un corps varie, à partir de son état de masse minimum, sa masse varie dans la proportion de la variation de son énergie cinétique (formule 4). Un corps est dit *isolé* quand aucun échange d'énergie n'a lieu entre le corps considéré et l'espace environnant. Pour un corps isolé, son énergie cinétique reste donc

invariable. La *loi d'inertie* nous apparaît comme l'expression de l'invariabilité de l'énergie cinétique d'un corps isolé. La loi d'inertie ne serait ainsi qu'un cas particulier de la loi de la conservation de l'énergie.

Suivant ces conceptions, une autre méthode de calcul de la vitesse absolue du système solaire serait la suivante : Soit E l'énergie interne totale d'un atome d'hydrogène, par exemple ; N le nombre d'atomes dans un gramme, ces deux quantités mesurées par méthodes purement électriques. La masse du gramme d'hydrogène mesurée électriquement serait alors :

$$M_0 = \frac{NE}{c^2} < 1$$

Ce serait sa masse en repos absolu. En comparant cette valeur M_0. à la valeur $M_v = 1$ gramme, résultat de mesures mécaniques effectuées dans le système solaire, on pourrait encore une fois revérifier la valeur de la vitesse absolue v du système solaire.

Georges de Bothézat.

§ 3. — Chimie physique

La polymérisation des sels binaires en solution. — La théorie des ions et du degré d'ionisation des électrolytes avait relégué au second plan le problème du degré de polymérisation ou de condensation des molécules de sels à l'état solide, ou dissous dans des milieux non ionisants.

M. P. Walden[1] a repris l'étude de cette dernière question et le résultat de ses expériences montre la grande analogie qui existe entre ces deux phénomènes.

Il est nécessaire d'opérer avec des électrolytes binaires, forts, typiques et de prendre comme solvants des corps ayant un grand pouvoir de dissolution pour ces sels, tout en ne les ionisant que très peu. L'acide acétique se prête particulièrement bien aux expériences ; il est un excellent solvant pour les sels d'ammoniums substitués.

Si on désigne par V la dilution (nombre de litres du solvant qui contiennent en solution une molécule du sel), par x le degré de polymérisation $\frac{M_0}{M_t}$, rapport de la valeur M_0 du poids moléculaire déduite des observations cryoscopiques à la valeur théorique M_t résultant de la formule chimique, on constate que le produit $x\sqrt[3]{V}$ est sensiblement constant.

M. P. Walden a fait par exemple des expériences en utilisant comme solvants : l'acide acétique avec les iodures de tétraamylammonium et de tétrapropylammonium, le bromure de tétraéthylammonium, le chlorure de monoéthylammonium ; le naphtalène avec l'iodure de tétraamylammonium ; la diphénylamine avec l'iodure de tétraéthylammonium.

Si au lieu de la dilution V on considère la concentration $c = \frac{1}{V}$, on a la relation :

$$x = c^{1/3} \text{ constante.}$$

Le degré de polymérisation d'un sel binaire en solution (pratiquement non ionisé) *est directement proportionnel à la racine cubique de la concentration*, c'est-à-dire à la *concentration linéaire, distance des molécules.*

Influence du solvant. — Pour étudier l'influence du solvant sur le degré de polymérisation, M. P. Walden a comparé, pour un sel donné, des dilutions dans des solvants différents, choisies de façon à réaliser le même degré de dépolymérisation. Puis il a comparé ces dilutions aux constantes diélectriques E des milieux correspondants. Il a obtenu la relation $E\sqrt[3]{V} = \text{constante}$, ou $E = K.c^{1/3}$.

Les constantes diélectriques E *sont directement proportionnelles à la concentration linéaire* $c^{1/3}$, *distance des molécules dissoutes, lorsque le degré de polymérisation de ces dernières dans les différents solvants est le même.*

De plus, si on compare la constante $K = E\sqrt[3]{V}$ au degré de polymérisation du sel dans les différents milieux, on constate que le produit Kx est constant :

$$Kx = xE\sqrt[3]{V} = \frac{xE}{c^{1/3}} = 36.$$

Le degré de polymérisation d'un sel dissous est inversement proportionnel à la constante diélectrique E *du solvant et directement proportionnel à la concentration linéaire* $c^{1/3}$ *de la solution :*

$$x = 36.\ \frac{c^{1/3}}{E}.$$

Influence du sel en solution. — En considérant les résultats obtenus pour les solutions acétiques, on constate que la valeur du produit $x\sqrt[3]{V}$ varie suivant le sel dissous de 6,25 à 2,33, et M. P. Walden a trouvé, en comparant ce produit au poids moléculaire du sel dissous, que le rapport $x\frac{\sqrt[3]{V}}{\sqrt{M}}$ est constant et égal à 0,305.

En étendant ce résultat aux autres solvants et en tenant compte de ce qu'on a vérifié antérieurement la constance du produit $x.E\sqrt[3]{V}$ pour un même sel dissous dans des milieux différents, on en déduit que le produit $\frac{Ex\sqrt[3]{V}}{\sqrt{M}}$ est indépendant du solvant et du sel dissous.

Sa valeur est égale à 1,92.

La formule $x = \frac{1{,}92 \times \sqrt{M}}{E\sqrt[3]{V}}$ a été vérifiée par un grand nombre d'expériences. Elle permet de déduire la dilution V_1 correspondant à l'état monomoléculaire (degré de polymérisation égal à 1) : $V_1 = \left(\frac{39{,}6}{E}\right)^3$.

Même en admettant que les nombres ainsi trouvés pour V_1 n'aient qu'une valeur approximative, ils donnent du moins l'ordre de grandeur des dilutions à partir desquelles il faut considérer la polymérisation comme notable.

M. P. Walden base sur ces résultats expérimentaux une théorie de la dépolymérisation des molécules :

$$\text{(I)} \qquad (MeX)^c \rightleftarrows x\,MeX.$$

En 1905, se basant sur la théorie Nernst-Thomson au sujet de l'influence de la constante diélectrique E des solvants dans la dissociation électrolytique des sels dissous, il avait conclu que, pour un même degré de dissociation, le produit $E\sqrt[3]{V}$ était constant pour un sel normal donné dissous dans différents solvants. Il s'agissait alors de la formation des ions suivant la réaction :

$$\text{(II)} \qquad MeX \rightleftarrows \overset{+}{Me} + \overset{-}{X}.$$

Dans les réactions I et II, la force dissociante du solvant s'exprime quantitativement de la même façon en fonction de sa constante diélectrique.

Dans le cas de la réaction II, les éléments libérés (ions) portent des charges électriques égales et de signe contraire et forment par leur réunion des molécules non dissociées ; plus la constante diélectrique E du solvant est grande, plus le diélectrique pénètre facilement entre ces éléments et les forces d'attraction faiblissent d'autant plus. On peut se demander si, dans la réaction I, les forces d'attraction entre les molécules simples qui forment la molécule polymère ne sont pas aussi de nature électrique et s'il n'y a pas lieu de considérer de molécules chargées d'électricités de sens contraires, conformément par exemple à l'équation :

$$(MeX)^2 \rightleftarrows \overset{+}{MeX} + \overset{-}{MeX}.$$

Les molécules polymères de sels, en particulier les

1. *Zeitschrift für Elektrochemie*, t. XXVI, nos 3-4, p. 60-65 ; février 1920.

molécules des électrolytes binaires forts, apparaissent alors comme un système condensé de molécules simples électrisées positivement et négativement, et la dépolymérisation peut être considérée comme une transformation électrochimique précédant la transformation en ions simples.

J. Labrousse,
Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.

§ 4. — Chimie analytique

Détermination de la composition de mélanges d'alcool et d'eau par des mesures de conductibilité électrique. — La teneur des solutions diluées d'alcool, telles qu'on les obtient par exemple dans l'examen de la bière et du vin, est en général déterminée par la mesure du poids spécifique. Il serait possible d'utiliser la mesure de certaines autres grandeurs physiques.

M. I. M. Kolthoff indique une méthode simple basée sur la mesure du pouvoir conducteur spécifique d'une solution d'acide oxalique dans le distillat. Cette méthode donne des résultats au moins aussi précis que celle qui est basée sur la détermination du poids spécifique.

M. Kolthoff[1] avait d'abord étudié le pouvoir conducteur spécifique x alc. de solutions décinormales d'acide acétique dans de l'alcool à diverses concentrations connues. Il le comparait au pouvoir conducteur spécifique x aqu. d'une solution dans l'eau pure. Il a ainsi déterminé à diverses températures les valeurs du rapport $f_t = 100 \times \frac{x \text{ alc.}}{x \text{ aqu.}}$ pour différentes concentrations données, puis les valeurs du coefficient de température c valable entre 13° et 25° permettant de déduire f_{18} d'une mesure faite à une température t par la formule $f_{18} = f_t - c(t - 18)$.

La présence de certains acides organiques, qui peuvent exister dans le distillat de bière ou de vin, troublant l'application de la méthode, M. Kolthoff reprit ses expériences en remplaçant l'acide acétique par l'acide oxalique en solution de $\frac{1}{10}$ molécule par litre.

Après avoir dressé les tables correspondantes, il a essayé la valeur pratique de la méthode dans l'examen de la bière et du vin; on élimine d'abord l'excès d'acide carbonique, puis on distille sur de l'oxyde de magnésium.

Les déterminations effectuées sur le distillat ainsi obtenu, avec l'acide oxalique, ont donné de très bons résultats.

§ 5. — Agronomie

La production du kapok en Afrique occidentale française[2]. — Ce produit, dont le nom est d'origine malaise, est une bourre extraite de capsules de très grands arbres de la famille des Bombacées; les poils qui constituent cette bourre sont formés par l'épiderme interne de l'organe femelle de la fleur; ils enveloppent la graine, mais n'y adhèrent pas; ces poils ne peuvent être facilement filés à cause de leur peu de résistance, mais on les emploie pour garnir les coussins, et, d'autre part, la flottabilité exceptionnelle de ce produit permet de l'utiliser avantageusement pour les appareils de sauvetage. C'est pourquoi il a été très demandé par les services de la Marine pendant toute la durée de la guerre et son emploi s'est beaucoup généralisé tant pour la confection de matelas légers et indéformables que pour la fabrication d'engins de sauvetage de toute nature.

Le kapok importé en Europe est fourni pour la plus grosse part par les Indes néerlandaises (Java et autres îles) et les Indes anglaises (Ceylan et la Birmanie); l'Indochine (Cambodge et Tonkin) en produit également, mais l'utilise sur place; on en trouve aussi en Amérique tropicale (Mexique et Brésil). Le kapok de l'Afrique tropicale n'est exploité que depuis ces dernières années seulement. Dans les anciennes colonies allemandes, c'est l'Est africain et le Togo qui en ont exporté quelques tonnes en 1912 et 1913.

Dans nos colonies d'Afrique occidentale, le Haut-Sénégal-Niger, grâce à l'initiative d'un colon de Kayes, en a exporté, en 1911, 362 kgr.; en 1912, 8 tonnes; en 1913, 28 tonnes. La Côte d'Ivoire en a également exporté en 1913. C'est la naissance d'un mouvement commercial susceptible d'un rapide développement, car les arbres à kapok sont également répandus au Sénégal, en Guinée et au Dahomey. Les deux sortes principales sont les bombax ou kapokiers, aux fleurs rouges, à la bourre blanche claire, et les ceïbas ou fromagers, aux fleurs blanches, à la bourre de couleur grisâtre. La bourre des premiers est de qualité supérieure, mais comme les seconds sont aussi très nombreux, leur production n'est pas à négliger. Tous deux croissent spontanément dans toute l'étendue de l'Afrique occidentale, depuis la côte du golfe de Guinée jusqu'à la zone sahélienne.

Les essais faits avec le kapok de nos colonies africaines à Roubaix pour le peignage et la mise en nappe ont donné des résultats égaux à ceux des meilleures sortes des Indes et de Java, dont on importe annuellement 4.000 tonnes sur les marchés d'Europe. Un arrêté de 1913 a interdit la coupe des arbres à kapok dans toute l'Afrique occidentale française. Il ne reste plus qu'à intéresser les indigènes à la récolte de la bourre, notamment en leur facilitant l'emballage par la fourniture de sacs, l'égrenage et le pressage. Bouaké, sur le chemin de fer de la Côte d'Ivoire, est déjà un premier centre d'achat et de rassemblement, où l'on utilise les machines à coton.

P. C.

§ 6. — Zoologie

La transplantation des Anémones de mer par le Bernard l'Ermite. — On sait que les Bernard l'Ermite habitent les coquilles vides de mollusques, qu'à mesure qu'ils grandissent ils passent d'une coquille à une autre plus grande, et que des Hydroïdes, des Anémones de mer, et autres animaux sont fréquemment attachés à ces coquilles. De nombreux observateurs ont rapporté qu'ils ont vu des Bernard l'Ermite transplanter des Anémones de leur ancien à leur nouveau logis; mais généralement ces observations laissent subsister un doute dans l'esprit. C'est pourquoi M. R. P. Cowles[1] a cru devoir faire connaître la manière de se comporter d'individus appartenant à deux espèces de Bernard l'Ermite, *Pagurus deformis* et *Pagurus asper*, fréquentant les mers voisines des Iles Philippines, qui portent des Anémones de mer sur leur coquille (*Dolidae*, *Strombidae*, *Cassis*, etc.) et qui transfèrent ces animaux quand ils changent de coquille. Les observations furent faites en présence de quatre collaborateurs (Dr L. E. Griffin, M. A. Seale, Pr A. L. Day et Pr S. F. Light).

Les Bernard l'Ermite en question portent généralement deux espèces d'Anémones, une plus grande fixée au sommet de la coquille, une plus petite sur la partie latéro-inférieure, près de la tête du Bernard l'Ermite. On se rapprocha autant que possible des conditions naturelles.

Un Bernard l'Ermite habitant une coquille qui portait deux grosses Anémones sur le dessus et une petite près de la bouche, fut placé dans un même aquarium, contenant une coquille vide et propre de *Dolium*, plus grande que la précédente. L'animal commença presque aussitôt à examiner la nouvelle coquille; il y introduisit ses pinces et quelques-unes de ses pattes, et resta

1. *Recueil des Travaux chimiques des Pays-Bas*, t. XXXIX (4e série, t. I), n° 1, p. 126-134; 15 janvier 1920.
2. *La Gazette Coloniale*, n° 43, juin 1919.

1. *Proc. of the National Acad. of the U. S. of America*, t. VI, n° 1, p. 40; janv. 1920; pour plus de détails, voir: *Philippine Journ. of Science*, t. XV, n°1, p. 81 (fig.): juillet 1919.

longtemps dans cette position. De temps en temps il sortait les pinces, sans doute pour explorer le dehors de la coquille. Puis, soudain, l'abdomen fut inséré dans la nouvelle coquille, et le Bernard l'Ermite saisit l'une des grosses anémones, la pinçant et la secouant. L'anémone, au lieu de se contracter, comme elle l'aurait fait si elle avait été touchée par l'homme, resta étalée bien qu'elle reçut des secousses vraiment fortes, et bien qu'elle fût souvent pressée contre la nouvelle coquille. Au bout de dix minutes, la base de l'anémone commença à se détacher par places. Au lieu d'en finir, le Bernard s'en prit à la seconde grosse anémone, qui rentra ses tentacules, mais les sortit bientôt à nouveau. Puis soudain le Bernard abandonna la seconde anémone, saisit la petite anémone blanche et l'appliqua contre la bouche de la nouvelle coquille, presque sous sa propre tête, où elle s'attacha bientôt solidement. Le Pagure s'attaqua de nouveau à l'une des grosses anémones, l'enleva facilement, la tourna et la retourna entre ses pinces et ses pattes, et finalement en appuya la base contre le côté de la nouvelle coquille.

Elle ne réussit pas à s'attacher, glissa et finalement se colla au fond de l'aquarium. De nouveau le Bernard parut s'en désintéresser, et s'en prit à la deuxième grosse anémone restée sur l'ancienne coquille. Après avoir longtemps travaillé, et examiné les bords de la base de l'anémone, provoquant la contraction des tentacules, elle se détacha tout d'un coup, et, semble-t-il, de sa propre volonté (si étrange que cela paraisse, le Pagure ne semble jamais endommager la base de l'anémone, bien qu'elle soit très mince, et souvent déchirée quand elle est détachée par l'homme). Alors le Bernard l'Ermite la saisit, la tourna entre ses pattes, puis, à l'aide de ses pattes de derrière, appliqua le côté portant les tentacules contre la coquille. De nouveau l'anémone glissa, et fut dédaignée un moment, pour la première des anémones. Ne lâchant par cette dernière, le Pagure reprit la première, et les fit rouler toutes deux pendant un moment. Finalement l'une d'elles fut attachée sur le côté de la coquille par un des bords de la base, et il la laissa se consolider elle-même. L'autre fut portée de l'autre côté de la coquille, à l'aide des pattes postérieures, et bientôt on vit les deux Anémones solidement fixées avec leurs tentacules étalées.

Bien que les actes du Bernard l'Ermite aient été moins précis que ceux d'autres individus observés par l'auteur, l'animal montra comme toujours une activité constante et précipitée, qui semblait indiquer une influence héréditaire. En outre, pendant tout ce temps, l'animal, contre son habitude, ne réagit presque pas, en présence des mouvements des personnes passant près de l'aquarium. Ce qui précède ne rend compte que d'une série d'observations, mais on fit de nombreuses autres séries, durant lesquelles l'animal se comporta de même.

Il semble probable que les Anémones deviennent associées du Bernard l'Ermite, tout au début de leur vie, et même à l'état larvaire.

Il est évident que les Anémones tirent avantage de la vie errante du Bernard l'Ermite, qui les transporte ainsi dans des régions herbeuses riches en petits organismes, et qu'elles peuvent aussi profiter de petits fragments des animaux dont se nourrit le Pagure; mais l'auteur n'a jamais vu celui-ci porter de la nourriture à l'Anémone, comme l'a prétendu un observateur.

En l'absence de toute expérience, on ne peut prouver que l'Anémone offre une protection quelconque au Bernard l'Ermite, mais il est probable que les capsules urticantes de la première empêchent le dernier d'être dévoré par les poissons.

Il n'est pas vraisemblable que durant sa vie le Pagure ait appris qu'il lui serait profitable de transplanter les anémones; mais, bien que, d'après M. Cowles, l'on doive attribuer à l'instinct, c'est-à-dire à « une combinaison de réflexes acquis par hérédité », cette habitude remarquable, il est très difficile de concevoir comment elle a pris naissance.

Les conditions actuelles de la pêche à la sardine. — La flotte de pêche, privée de ses plus fortes unités par la réquisition, s'est rapidement reconstituée, quoique le prix de vente des sardines n'ait pas progressé en proportion de l'élévation des prix du matériel de pêche :

Prix comparés en francs

	1914	1920
Prix de vente des sardines (le mille)..	15 à 25	40 à 60
Prix des « pinasses » par tonneau.....	500 à 1.000	4.000
Prix des chaloupes —	800 à 1.000	3.000
Prix du moteur de 25 HP.....	7.000	23.000
Prix de la rogue.....	80	400

Les deux facteurs qui grèvent le plus lourdement la pêche sont le prix de la rogue et celui de l'essence.

Le problème de la rogue a été résolu théoriquement par l'emploi de succédanés, pratiquement par la rogue de harengs, de merlus, malheureusement trop rare.

Le problème de l'essence doit être résolu par *l'utilisation plus parfaite du combustible.*

1° Ceci exige le choix des moteurs les mieux adaptés : l'évolution s'accélère vers des types de plus en plus puissants (25 HP.), montés sur des embarcations de plus fort tonnage, capables de poursuivre les bancs plus loin et de porter de plus nombreux pêcheurs. A Arcachon l'ancienne « pinasse à moteur », longue de 10 m., portant 5 hommes, valant 5 à 8.000 fr. et dont la forme calquait l'embarcation à voile des premiers pêcheurs, s'est allongée à 16 m. et partiellement pontée pour recevoir 12 pêcheurs. Cette pinasse valant 30 à 35.000 fr. tend à être remplacée par la *petite chaloupe pontée*, à quille, de 15 à 16 m., dont le type, du prix de 40 à 45.000 fr., a été récemment décrit par J. Allary dans le journal *Le Yacht*[1].

2° De grands espoirs sont fondés sur la découverte des bancs de poissons par les hydro-aéroplanes, qui éviteraient aux bateaux de longues et coûteuses recherches.

3° L'économie la plus sérieuse peut être obtenue par des dispositifs permettant aux moteurs de brûler indifféremment le pétrole et l'essence :

Dépense de combustible des sardiniers

	1914	1920
Dépense horaire du moteur de 25 H.P.		
essence..	8 fr.	21 fr.
pétrole..	5 fr.	10 fr.
Prix du nœud parcouru : essence.....	0 fr. 90	2 fr. 40
pétrole.....	0 fr. 50	1 fr. 10

§ 7. — Ethnographie

L'ethnographie des pays roumains. — M. Emmanuel de Martonne, professeur de Géographie à la Sorbonne et l'un des savants qui connaissent le mieux la Roumanie, vient de publier un très remarquable « essai de carte ethnographique des Pays roumains[2] », dont il est tout indiqué de donner un aperçu dans ce n° de la *Revue* plus spécialement consacré à la Roumanie.

Après un exposé des sources et de la méthode des cartes ethnographiques en général, puis des principes qui lui ont servi de base pour l'établissement de sa carte des nationalités des pays roumains, l'auteur indique les faits qui sont ainsi mis en lumière et la façon dont on peut les expliquer.

Une première impression se dégage de l'examen de la carte : quatre blocs nationaux homogènes se touchent dans le bassin danubien inférieur, plus ou moins mélangés à leur contact sur une zone dont la largeur peut atteindre 100 kilomètres, et qui s'étend particulièrement le long de la mer Noire : au sud les Bulgares

1. J. Allary : La Renaissance de la pêche maritime. *Le Yacht*, p. 717, 27 déc. 1919 (55, rue de Châteaudun, Paris).

2. *Annales de Géographie*, t. XXIX, n° 158, pp. 81-98 (avec 1 grande carte hors texte en couleurs); 15 mars 1920 (Paris, Librairie Armand Colin, 5 fr.).

et les Serbes, à l'ouest les Magyars, au nord les Ukrainiens, au centre les Roumains. L'étude de la répartition de la nationalité roumaine conduit aux constatations suivantes :

Valachie et Moldavie. — En Valachie, l'élément roumain est absolument dominant; il y a absorbé des éléments étrangers dont on trouve encore les traces dans les villes, notamment à Bucarest.

En Moldavie, de petits groupes hongrois apparaissent en face des cols faciles qui s'ouvrent dans les chaînons boisés des Carpates. Les colons militaires établis par les princes hongrois dans la région des sources de l'Olt, et connus sous le nom de Szeklers, ont essaimé de ce pays relativement pauvre vers les riches campagnes moldaves, où ils se sont établis surtout de Roman à Bacau, dans la vallée du Seret. Dans le nord de la Moldavie, les éléments juifs forment le tiers ou la moitié de la population de presque toutes les villes, et de petits groupes de Ruthènes apparaissent.

En Bucovine, les Juifs jouent le même rôle dans les villes; des colonies allemandes, établies par les Autrichiens, apparaissent çà et là; les Ruthènes dominent dans l'ouest et le nord.

Bessarabie. — La masse ruthène ou ukrainienne occupe encore le nord de la Bessarabie, entre le Prut et le Dniestr, jusqu'à Mohilev. Mais cette province, annexée par la Russie en 1812 après avoir été moldave pendant de longs siècles, est dans l'ensemble restée roumaine. Les Roumains occupaient alors fortement, comme aujourd'hui, la région des collines : c'est là qu'on retrouve le parler roumain le plus pur, avec les usages et les costumes le mieux conservés. Seules les villes, qui se sont développées au XIXe siècle, ont une population très mélangée, où les Juifs ont parfois la majorité et où les Russes ou Ukrainiens semblent toujours un élément important L'Administration russe a appelé dans la plaine des Allemands, des Bulgares, installé des Cosaques et favorisé l'immigration des Lipovans. Des Roumains eux-mêmes sont venus, et avec les Gagoutzes autochtones s'est formée l'étrange mosaïque du sud de la Bessarabie, dans laquelle il est impossible de distinguer une nationalité dominante.

Dobroudja. — Depuis que cette province a été donnée à la Roumanie en 1878, pour compenser la rétrocession à la Russie de certains districts de Bessarabie, l'élément roumain, dominant le long du Danube, s'est insinué à peu près partout. Les Turcs, qui avaient autrefois fortement colonisé le pays, ont disparu en grande partie dès que la domination leur a échappé. Des Bulgares, qui s'y était fixés à diverses reprises, et des Allemands, qui avaient essaimé des colonies de Bessarabie, ont persisté, mais ils n'ont pas augmenté dans la même proportion que les Roumains. Le seul élément étranger qui ait gagné est l'élément russe, représenté par les Lipovans pêcheurs du delta et des lagunes voisines.

Bulgarie et Serbie. — Des îlots roumains persistent tout le long du Danube en Bulgarie, de même qu'il y a des îlots bulgares en Valachie, témoins des déplacements de populations plus d'une fois provoqués par les exactions des princes, les ravages des guerres ou les razzias turques. En arrivant au Timoc, on trouve un groupe roumain plus compact, occupant les hauts plateaux entre cette rivière, la Morava et le Danube.

Banat. — En franchissant le Danube, on trouve, dans le Banat, une des régions les plus mélangées, où voisinent Roumains, Serbes, Hongrois et Allemands. On peut distinguer cependant la prédominance des Roumains à l'est, c'est-à-dire dans les montagnes (comitat de Krasso-Szöreny et partie est de Temes), celle des Serbes le long du Danube et de la Tisza, et l'existence d'une large zone intermédiaire, dont les ramifications vont parfois jusqu'à la Tisza, où le seul trait net est une certaine prédominance des Allemands au nord, du côté de Temesvar. C'est dans cette bande mixte que la population est la plus dense, c'est dans la zone roumaine qu'elle est le plus clairsemée. Ce tableau est le résultat d'une histoire très troublée.

Transylvanie. — La zone roumaine du Banat, en continuité avec celle de Valachie, se soude aussi à celle de Transylvanie, pays essentiellement roumain. Les taches de populations allogènes ne manquent pas, mais il y a partout des Roumains. Sur la moitié de la surface, ils dominent exclusivement; il est vrai que c'est toujours au voisinage des montagnes. Il est plus vraisemblable d'admettre la continuité de ces Roumains avec les Daces romanisés, malgré l'absence de textes en parlant avant le XIIe siècle, que d'accepter la théorie de Roessler, soutenue par les historiens hongrois, d'après laquelle ils seraient venus de la Mésie transdanubienne. Ils ont tous les caractères d'une population ancienne de pâtres et de montagnards, obstinément fidèles à leurs coutumes, à leur patois latin et à leur foi orthodoxe. Les Allemands, connus sous le nom de Saxons, sont des colons appelés par les princes de Transylvanie aux XIIe et XIIIe siècles ; les Hongrois, formant dans la Transylvanie orientale un groupe compact, sont des colons militaires établis par le roi Koloman au IXe siècle pour garder une sorte de marche.

Si l'on essaie, dit M. de Martonne, de résumer les traits généraux qui se dégagent de cet examen, on notera qu'il existe un bloc de populations roumaines allant du bord oriental de la plaine pannonique au Dniester, de la Haute Tisza au Danube et à la mer Noire. Ce territoire correspond à peu près à ce qui est considéré comme ayant formé l'ancienne Dacie, avec une extension un peu plus grande vers l'est. Par une coïncidence qui ne peut être un hasard, ce bloc est homogène et pur de tout mélange précisément dans les régions que nous savons avoir le plus profondément subi l'empreinte de la colonisation romaine : Olténie ou Valachie occidentale, Banat oriental, Transylvanie occidentale. Il apparaît encore particulièrement homogène dans les anciennes principautés de Valachie et de Moldavie, qui ont seules formé d'une manière permanente des Etats roumains indépendants. Le mélange est, au contraire, la règle dans les pays dépendant d'Etats de nationalité étrangère, soit pendant des siècles, comme la Transylvanie, soit au courant du siècle dernier seulement, comme la Bucovine et la Bessarabie.

Outre ces relations avec la géographie historique et politique, il en est d'évidentes avec la géographie physique. Dans les pays où la masse roumaine est pénétrée d'éléments allogènes, ceux-ci sont toujours particulièrement nombreux dans les plaines: le peuplement roumain est d'autant plus pur qu'on se rapproche des montagnes ou des collines. Le Roumain paraît avoir longtemps préféré les régions accidentées, propices à la dissémination des hameaux cachés dans les vallons. Les Carpates sont naturellement son domaine. Dans les régions politiquement roumaines, Valachie, Moldavie, le peuplement roumain a fini par gagner les plaines et par absorber les quelques éléments étrangers qui pouvaient y exister.

La constitution, à la suite de la guerre, d'un Etat roumain dont les frontières correspondent à peu près à celles du bloc national roumain amènera sans doute une résorption partielle des éléments allogènes qui y sont compris.

Enfin, les limites du bloc roumain ne sont nulle part des frontières naturelles : le Danube lui-même n'a pas empêché l'établissement de Roumains dans le N.-E. de la Serbie et dans la Dobroudja où, depuis l'annexion, ils se sont multipliés. Ils ont même passé le Dniestr. La géographie ethnique est le résultat d'un équilibre plus ou moins instable entre les forces d'expansion des différents peuples. Traduite exactement par une carte rédigée suivant une méthode synthétique, elle révèle des relations avec l'histoire et la géographie physique, que ne permettrait pas de saisir une représentation de caractère statistique, et que masquent les images tendancieuses trop souvent offertes au public.

§ 8. — Géographie et Colonisation

La valeur économique de l'Alsace et de la Lorraine[1]. III. Les forêts et les mines[2]. — Les forêts d'Alsace sont localisées principalement sur les pentes et les sommets des Vosges, où dominent les essences résineuses; la plaine du Rhin, à l'exception des trois forêts de Haguenau, de Brumath et de la Thur, tares, dont 31,3 % appartiennent à l'Etat, 3,6 % à l'Etat et aux communes, 44,8 % aux communes seules et 19,6 % à des particuliers. L'ensemble représente près de 33 % de la superficie totale (France, 18 %), ou 23 ares par habitant, ce qui ne laisse pas de place à l'exportation qui exige au moins une proportion de 35 à 40 ares par habitant.

L'Alsace et la Lorraine possèdent de riches gisements

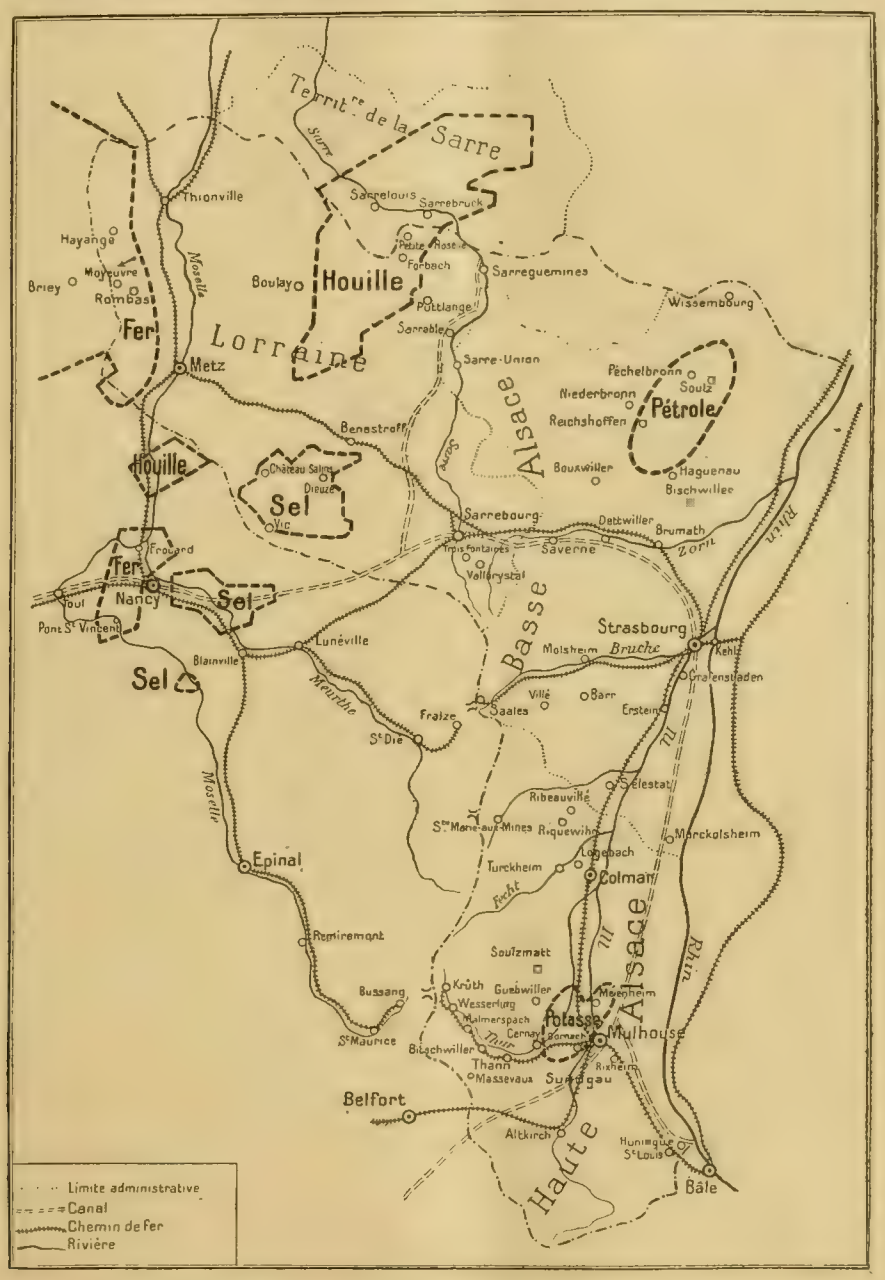


Fig. 1. — *Les mines de l'Alsace-Lorraine.*

près de Bollwiller, ne porte que des bouquets de bois. Il en est de même du plateau lorrain, qui n'est pas très boisé. La superficie forestière porte sur 443.450 hec-

de fer, de potasse et de houille, et l'on extrait encore du pétrole, de l'asphalte, de la terre d'alun, un peu de cuivre et d'argent, etc.[1] En 1912, sur 725 concessions,

1. Voir nos précédentes notes sur la population et l'agriculture dans la *Revue gén. des Sc.* des 15 et 30 mai 1920.

2. L. de Launay : La valeur minière et industrielle de l'Alsace-Lorraine (1 carte). *Revue des Deux Mondes*, 15 juillet, 1er novembre 1919. A. Witz : Le champ de potasse d'Alsace. *Revue générale des Sciences pures et appliquées*, 15-30 août 1919.

1. Le gneiss de la vallée de la Leber et du val de Villé renferme des minerais d'argent, de cuivre, de plomb, d'antimoine et d'arsenic. L'exploitation en a été reprise il y a quelques années sans donner de résultats bien intéressants. On exploitait autrefois des mines dans presque toutes les vallées des Vosges, mais il y a fort longtemps qu'elles étaient abandonnées.

90 étaient en exploitation, et la production totale avait passé de 995.660 tonnes, en 1872, à 23.811.769 tonnes en 1912. Le tableau suivant donne la répartition de cette production en 1912 :

	Production		Personnel
	Tonnes	milliers de francs	moyenne journalière
Houille	3.538.951	48.611	15.053
Asphalte	5.161	65	63
Pétrole	47.176	3.538	369
Minerai de fer	20.083.238	67.415	16.669
Potasse	137.243	3.702	406

Le gisement de fer lorrain est le plus important de l'Europe, un des plus grands du monde avec celui du lac Supérieur, aux Etats-Unis. Ses réserves sont évaluées à 4 milliards de tonnes, représentant 1.300 à 1.400 millions de tonnes d'acier. En 1913, les Allemands retiraient de Lorraine et du Luxembourg 27 millions et demi de tonnes de minerai et la France 19 millions et demi, soit 47 millions, au total, le tiers de la production mondiale. Ce minerai phosphoreux, ou minette, découvert en 1884, dans le bassin de Briey, n'a été rendu utilisable que par la découverte, en 1879, par Thomas et Gilchrist, du procédé de déphosphoration. L'exploitation a commencé chez nous en 1893, elle est devenue intensive à partir de 1902, grâce à la main-d'œuvre étrangère, utilisée des deux côtés de la frontière, et composée d'Italiens surtout, et partie de Polonais. En Lorraine annexée, grâce à l'eau des rivières, des routes d'usines se sont créées, tandis que sur le plateau de Briey, par suite du manque d'eau et de la plus grande profondeur du minerai, la concentration des usines s'imposait. Aucune grande cité n'est devenue prépondérante. Le minerai s'enfonce, en effet, en profondeur en allant vers l'ouest et sa teneur en fer va également en diminuant dans le même sens, de telle sorte que, d'après M. de Launay, il n'est utilisable dans l'état actuel de l'industrie que sur une largeur maximum de 30 kilomètres. Sa teneur moyenne est de 35 à 40 %, et le minimum utilisable est de 20 à 26 %. Le prix moyen de la tonne à la mine avant guerre était de 4 fr. 50 à 5 francs. Plus encore aujourd'hui, notre capacité d'extraction est fonction de la main-d'œuvre dont nous pourrons disposer, de même que notre capacité de transformation dépend de la quantité de coke que nous pourrons importer, de la Ruhr, principalement, par échange avec du minerai qui fera défaut à l'Allemagne, celle-ci ne disposant plus que d'une production de 8 à 10 millions de tonnes.

C'est le bassin houiller de la Sarre qui se prolonge en Lorraine. D'époque carbonifère, correspondant à un anticlinal allongé Sud-Ouest-Nord-Est, dont l'axe va de Pont-à-Mousson à Kreuznach, ses réserves ont été évaluées au Congrès géologique international de Toronto, en 1913, à 12 milliards et demi de tonnes. Sa qualité est médiocre pour la transformation en coke, en raison de son pourcentage de cendres (jusqu'à 8 %). En 1912-13, la production totale, peu stimulée dans les mines de l'Etat, s'est élevée à 17 millions et demi de tonnes, dont 3.800.000 tonnes pour la partie lorraine[1]. Neuf millions de tonnes étaient consommées dans la région et 8 millions se trouvaient disponibles; l'extraction pourrait être facilement augmentée. Le bassin semble se prolonger vers le Sud-Ouest, comme en témoignent les sondages effectués en Meurthe-et-Moselle, mais la profondeur va en augmentant comme pour le minerai de fer.

La région pétrolifère alsacienne est connue depuis fort longtemps; elle aurait été reconnue dès la fin du xve siècle. Mais la véritable exploitation industrielle n'a commencé qu'en 1872 et surtout à partir de 1880. Le gisement s'étend le long du fossé rhénan dans une ellipse dont les axes vont de Wissembourg à Saverne, et de Haguenau à Niederbronn. La production est passée de 20.000 tonnes environ, en 1902, à 47.176 tonnes, en 1912. On a extrait, en outre, 3.700 tonnes d'asphalte, en 1910, et 5.161 tonnes, en 1912. Pendant la guerre, l'Allemagne a intensifié l'extraction, privée des pétroles importés. La production de 1918 a atteint environ 55.000 tonnes dans les trois centres principaux de Péchelbronn (50.000), Biblisheim (4 à 5.000 tonnes), Dürrenbach (1.000 tonnes). Un nouveau puits, foré en 1919, permettra d'augmenter encore le rendement. Deux raffineries sont installées à Pechelbronn et à Soulz-sous-Forêts.

La « fièvre du pétrole », qui fut particulièrement intense de 1885 à 1900, s'était étendue de Basse en Haute-Alsace, de telle sorte que c'est en cherchant le pétrole et la houille qu'un industriel du pays, Vogt, trouva en 1904 le champ de potasse. Sa localisation forme une ellipse, d'environ 20 à 25.000 hectares de superficie, dont les contours passent par Mulhouse, Cernay, Ensisheim et qui se termine vers le Nord par un renflement en pointe situé entre Meienheim et Oberenzen. La forêt de Nonnenbruch la recouvre en partie. D'après M. de Launay, le gisement daterait du début des temps tertiaires; il renferme surtout des chlorures de potassium et de sodium et il est d'une pureté plus grande que celui de Stassfurt, mélangé de sels magnésiens[1]. Tandis que les réserves du grand champ de Stassfurt, qui s'étend sur plusieurs centaines de mille hectares, sont évaluées de 15 à 20 milliards de tonnes de minerai brut, celles d'Alsace représenteraient 1.500 millions à 2 milliards de tonnes, et celles de Cardona, en Espagne, le troisième grand gisement connu, de 100 à 150 millions de tonnes. La consommation mondiale de sels de potasse avant guerre était d'environ 12 millions de tonnes de sels bruts, fournis à peu près exclusivement par les mines de Stassfurt. L'Alsace a produit, en 1913, 40.170 tonnes en potasse pure, dont 26.987 ont été exportées : 12.183 aux Etats-Unis (qui étaient avant guerre le meilleur client de l'Allemagne) et 10.278 en France. En juillet 1919, 18 puits étaient forés, dont 10 en travail; la profondeur atteinte va de 570 à 650 mètres. L'extraction sera fonction des facilités de transport et des débouchés que nous pourrons lui fournir soit en France, soit dans certains pays étrangers, comme les Etats-Unis, où elle constituerait un excellent article d'échange.

La réacquisition des salines de Lorraine va ajouter annuellement à la production française de 300 à 350.000 tonnes, alors que notre extraction de 1.100.000 tonnes dépassait déjà nos besoins et donnait lieu à un excédent d'exportation sur l'importation de 15 à 20.000 tonnes. Le sel est une matière qui s'exporte peu et qui exige des frets bon marché. Dans ces conditions, l'Afrique occidentale française pourrait fournir un débouché. La meilleure solution consiste dans la transformation du sel lorrain, extrait à Vic, Dieuze, Château-Salins, en produits chimiques, comme le font déjà les établissements Solvay de Sarralbe et de Château-Salins.

Pierre Clerget,

Directeur de l'Ecole supérieure de Commerce de Lyon.

1. L. Gallois : Le bassin houiller de la Sarre. *Annales de Géographie*, 15 juillet 1919.

1. Le 1er sondage a trouvé le sel gemme à 358 m. de profondeur et les deux couches séparées de sels de potasse, à 627 et 649 m. L'épaisseur moyenne du sel gemme comporte 241 m., celle de la couche supérieure de potasse, 1 m. 164, et celle de la couche inférieure, 4 m. 147. Cf. l'étude très complète, avec carte, coupes et graphiques, publiée par la Société Industrielle de Mulhouse dans son Bulletin n° 4, avril 1912, p. 207-300.

AVANT-PROPOS
A NOS ARTICLES ROUMAINS

Avec l'article si documenté de M. Villey, sur l'effort universitaire franco-roumain[1], la *Revue générale des Sciences* avait signalé l'importance extrême que pouvait jouer, dans l'intérêt des deux pays, le rapprochement intellectuel de leurs savants et de leurs littérateurs.

C'est pour contribuer à cette œuvre que nous avons prié M. le Recteur de l'Université de Bucarest Athanasiu de vouloir bien se charger de demander au monde savant roumain, qu'il connaît si bien, sa participation à la rédaction d'un numéro de la *Revue générale des Sciences*, composé uniquement d'articles signés de noms roumains.

Nous savons qu'en nous adressant à notre cher collaborateur et ami, nous étions sûr de trouver l'accueil le plus empressé.

Pendant le séjour prolongé qu'Athanasiu a fait en France, dans les laboratoires des Prof. Marey et Richet, il a appris, comme il nous le disait, en termes si touchants, au moment de son départ, à connaître réellement les Français et par suite à les aimer. Nul là-bas n'a été le champion le plus convaincu, le plus ardent de l'alliance franco-roumaine.

Il nous a paru que composer un numéro, qui pour la circonstance est devenu un réel volume, avec des articles reçus directement de Roumanie, sans aucune adaptation ni modification aux manuscrits rédigés par nos collaborateurs de Roumanie, était une des démonstrations les plus évidentes de cette idée que nous avons souvent exprimée déjà : La Roumanie est en Orient l'élément le plus précieux d'expansion de la langue et du génie français.

Au moment, il faut l'avouer, où notre victoire, si chèrement achetée, aura pour effet une diminution certaine de la diffusion de notre langue et par suite de notre influence en Orient au profit de nos alliés : Anglais, Italiens, Grecs ; au moment où la vieille langue franque est menacée d'être reléguée sur cette terre d'Orient, où elle était restée la langue des occidentaux, au petit coin de la Cilicie et de la Syrie, par une heureuse compensation, la Roumanie, récupérant ses enfants irrédentés, voit doubler sa population.

C'est la Roumanie, dont le rôle avait été si bien pressenti par les Michelet, les Quinet, les Bataillard, qui doit désormais être, dans la région orientale de l'Europe, notre grande amie, notre grande associée.

Les deux pays, et les lecteurs de cette Revue en seront facilement convaincus, se complètent mutuellement. Les richesses agricoles des plaines danubiennes, sylvestres des forêts transylvaines, minérales des Carpathes, peuvent être amenées par voie de mer jusque dans nos ports, et les navires au retour emporteront nos fers, nos produits manufacturés et notamment nos publications et nos instruments scientifiques.

Mais il est nécessaire, pour que ce courant commercial s'établisse, qu'il soit précédé, activé ensuite par un courant intellectuel. Il faut ouvrir bien grandes les portes de nos écoles aux étudiants roumains, il faut envoyer là-bas nos maîtres, nos instructeurs et provoquer un interéchange continuel entre les centres scientifiques. Peut-être, quand les temps seront plus propices, la *Revue générale des Sciences*, reprenant les traditions d'autrefois, pourra-t-elle songer à rétablir des voyages d'étude qui permettront aux Français de connaître et d'apprécier la Grande Roumanie, le pays où la France est actuellement la plus aimée.

J.-P. Langlois,

Directeur de la *Revue générale des Sciences*.

1. J. Villey : La Collaboration scientifique et universitaire franco-roumaine. *Revue gén. des Sciences* du 15 décembre 1919, t. XXX, p. 675.

LA TERRE ET LE PEUPLE ROUMAINS

I. — La Roumanie d'hier

Il n'existait en Europe, avant la guerre actuelle, aucun pays continental d'une forme plus étrange que l'ancien royaume de Roumanie. Deux bandes de terre, larges en moyenne de 120 et 150 km. et longues de 300 et 400 km., suivaient le versant extérieur des Carpathes, se coupant à angle aigu et s'appuyant sur une base étroite à la mer. L'habitant montagnard de l'Olténie, pour se rendre en Moldavie, était obligé de faire plus de 800 km. en chemin de fer, alors que la distance en ligne droite était de 450 km.

On a souvent vanté les « limites naturelles » de l'ancienne Roumanie. Sauf le sud de la Dobrogea et le nord-ouest de la Moldavie, où les frontières étaient conventionnelles, on avait partout des montagnes, un grand fleuve, une grande rivière et la mer. — Malheureusement limites naturelles ne signifient pas toujours limites favorables. Les Carpathes abritent dans leur saillant un haut pays de forme massive qui domine aussi bien la Moldavie que la Valachie. Le Danube, malgré l'obstacle de sa large plaine d'inondation, a la rive bulgare beaucoup plus haute que la rive roumaine. Le Pruth, rivière insignifiante dans son cours supérieur, ne présente nul le partun obstacle sérieux, d'autant moins à un colosse comme l'empire russe. La mer Noire, sur ses 225 km. de rivages, offrait à l'ancien royaume un seul endroit, Constantza, qui, avec des peines infinies, pût être transformé en un port moderne. Toutes les positions importantes du royaume étaient à découvert. L'ancienne Hongrie avançait sa plus forte citadelle naturelle sur les reins mêmes du pays. La Russie, par la Bessarabie — c'est-à-dire la moitié de la Moldavie, arrachée en 1812 et 1878 — pouvait couper le Danube avant le delta et menacer de tout près les deux plus grandes ports roumains, Galatz et Braïla. En cas de guerre avec la Russie, on devait même compter avec l'évacuation complète de la Moldavie. Le pont sur le Danube et la seule voie continentale vers la mer se trouvaient à 35 km. de la frontière bulgare. Des villes de Turtucaia et de Silistrie, d'anciennes places fortes, on pouvait couper la plaine roumaine par le milieu et menacer la capitale, Bucarest, qui se trouve à 60 km. de distance.

Tout autour de ce pays, et spécialement en Russie (Bessarabie), en Autriche (Bukovine) et en Hongrie (Banat, Transylvanie, Pays du Crish et Maramuresh), se trouvaient des provinces habitées par plus de 5 millions de Roumains, soumises à un régime qui en faisait de véritables colonies européennes. Le but était l'exploitation des terres et des hommes au profit de la minorité régnante. La devise était celle de 1438 de la Diète hongroise de Transylvanie, par laquelle les Roumains étaient « tolérés pour l'avantage de l'Etat ». Certainement on construisait des chemins de fer et des fabriques, on élevait des châteaux, des palais publics, des théâtres et même des Universités (la Bukovine avec 66.000 Allemands avait une Université *allemande !*), on bâtissait de belles casernes et de vastes prisons. Mais tout cela — sauf les dernières, réservées aux nationalités — était pour les maîtres, ou pour ceux qui, reniant leur peuple, devenaient des maîtres.

Le contraste entre l'étendue du peuple roumain et l'étendue du pays libre roumain, la tendance naturelle qui s'ensuivait, étaient si évidents, qu'ils se sont imposés à plus d'un esprit. Un géographe français, M. Léon Rousset, caractérisait il y a vingt ans la Roumanie « un pays en état d'équilibre géographique instable », car « son centre de gravité tombe hors du territoire auquel les événements historiques l'ont délimité ». Le meilleur connaisseur actuel de la Roumanie à l'étranger, M. Emm. de Martonne, affirmait depuis 1915 que la Roumanie « est fatalement poussée vers une intervention, commandée par sa situation ethnique et les revendications qu'elle a le droit de faire valoir » (*La Géographie*, juillet 1915).

C'était la Roumanie d'hier.

Avec son blé, son pétrole, sa forte natalité et surtout ses souvenirs de souffrances et de gloire, avec la conscience de l'unité nationale et de ses droits, ce fragment de Roumanie se fortifiait, s'organisait et attendait son heure. Elle vint enfin et combien terrible. Mais grâce à elle on réalisa les vœux de plusieurs siècles.

II. — La Roumanie actuelle

§ 1. — Le pays

Pour un géographe, il est assez difficile de rendre compte de la Roumanie actuelle. S'agit-il de la Roumanie « du Nistre à la Tissa », telle qu'elle existe dans la conception de tout Roumain qui la

rêve dans les limites de l'ancienne Dacie? Ou de la Roumanie du traité de 1916, garanti par les signatures des grandes puissances alliées? Ou bien de la Roumanie comprise entre les frontières qui lui furent imposées par le traité de Versailles? cette dernière Roumanie même n'a pas été fixée dans les détails et paraît encore soumise à des changements. Les cartes ne la donnent qu'approximativement. Un calcul exact des superficies est donc impossible à faire. On peut dire la même chose du chiffre de la population. Même si les limites étaient précises, il serait encore difficile de donner un chiffre certain, la date du dernier recensement n'étant pas la même pour les différentes provinces. La guerre a fait des ravages effrayants. Dans la seule ancienne Roumanie, 800.000 hommes sont morts dans les combats ou à cause des épidémies.

La Roumanie actuelle est donc un pays d'environ 300.000 km², avec une population de 16-17 millions d'habitants et une densité moyenne de 53-57 habitants par km². Comme superficie elle prend rang entre l'Angleterre et l'Italie; comme population elle vient immédiatement après l'Espagne.

Sa forme rappelle une ellipse. Le pourtour n'est pas plus grand que celui de l'ancien royaume, bien que la superficie soit plus que double. Le Danube, la mer Noire et le Nistre forment une bonne partie des limites. La Tissa n'est frontière que dans le nord. On espérait bien qu'elle le serait aussi dans le Banat. A l'ouest la frontière court en pleine campagne, coupant à l'aventure rivières, canaux, chemins de fer, groupements ethniques. Pour aller en chemin de fer de Timishoara (capitale du Banat) à Bazias, sur le Danube, on devra passer la douane serbe, changer de train, parcourir 30 km., après quoi nouvelle douane et train roumain, pour une distance de 7 km. Et pourtant le chemin va dans une plaine unie, en ligne droite.

On a à peu près 450 km. de côtes plates, la plupart ensablées, marécageuses. Néanmoins c'est la façade principale du pays, la zone de contact international. Tous les cours d'eau roumains y conduisent. La Transylvanie tout entière — y compris le Banat — y trouve son débouché le plus court, par terre et par voie d'eau. Une grande partie de l'Europe centrale est rattachée par le Danube à cette côte de la mer Noire. On comprend facilement, d'un côté les tendances de main-mise, anciennes et actuelles, sur le bas-Danube, de l'autre côté la résistance et la politique de l'internationalisation du fleuve. C'est à la Roumanie que revient depuis 50 ans l'honneur d'avoir défendu énergiquement ce dernier point de vue, consacré par le traité de Paris de 1856[1].

On peut dire que la Roumanie a enfin retrouvé son « centre de gravité ». C'est la province centrale, la Transylvanie, une large cuvette (57.804 km²), dont les bords montagneux (de 1.500 à 2.500 m.) sont percés par une foule de rivières qui divergent dans toutes les directions. On compte pour la seule chaîne des Carpathes 18 cols, la plupart de basse altitude, dont 8 creusés par les rivières qui percent les montagnes et 5 avec des voies ferrées.

Autour de cette Transylvanie aux portes nombreuses se groupent en rond 9 provinces, différentes de contour et d'aspect, mais en général formant des glacis, qui finissent en vastes plaines, étendues vers l'ouest, le sud et le sud-est. La plus parfaitement délimitée de ces provinces, la plus symétrique, une de celles où prit naissance le peuple roumain et où il montre un aspect ethnique des plus originaux, le Banat, fut découpée en trois tronçons par le traité de Versailles.

De cette construction harmonieuse de la terre roumaine, qui n'a son pareil que dans l'architecture géographique de la France, découlent de nombreuses conséquences. En voici une, très importante :

Toute l'histoire du peuple roumain — non seulement l'histoire des luttes et des formations politiques, mais l'histoire obscure de la résistance et de l'expansion ethnique — est régie par cette conformation géographique. C'est en Transylvanie, dans le Banat et l'Olténie que se trouvait le noyau dace et la *Dacia felix* du temps des Romains. Ce sont surtout les Carpathes, les vallées et les dépressions avoisinantes qui abritèrent le peuple roumain en formation. C'est en Transylvanie et en Olténie que l'histoire met la première principauté roumaine. On constate que c'est de Transylvanie et de la zone des collines carpathiques que partent tous les grands courants de peuplement, le long des rivières, vers les plaines. — On a appelé les Carpathes « l'échine dorsale » du peuple roumain. La Transylvanie paraît en avoir été le cœur.

§ 2. — Les richesses de la terre roumaine

On nommait l'ancien royaume « un pays éminemment agricole ». La Roumanie actuelle est plus que cela. Elle est aussi un pays riche en minéraux et sera un pays de grande industrie et

1. Actuellement la Roumanie est riveraine du Danube sur 1.100 km. (Bazias-Soulina), dont 450 km., la partie inférieure de son cours, se trouvent en terre roumaine. Le Danube est navigable sur une longueur totale de 2.600 km.

de grand commerce. Elle possède les matières premières, la possibilité de les transformer, une grande capacité d'importation et une plus grande encore d'exportation [1].

Sauf ce qui reste des montagnes anciennes de la Dobrogea, qui contiennent quelques mines de métaux (*cuivre*) et des carrières de *granite* admirable, les gisements minéraux se trouvent dans les montagnes qui entourent la Transylvanie. Dans le sud-ouest prédominent le *fer* (on extrayait en 1910 plus de 200.000 t.) et le *charbon* (en 1910, houille, charbon brun : 470.000 t. ; lignite : 2.323.000 t.). Dans le nord-ouest se trouvent des mines d'*or* (2.906 kg. en 1910) et d'*argent* (8.630 en 1910). Dans le sud-est, le *pétrole* (environ 1.900.000 t. en 1913). L'intérieur de la cuvette transylvaine et le versant extérieur des Carpathes contiennent des gisements énormes d'un *sel* de qualité incomparable [2]. Les régions volcaniques de Transylvanie et la zone pétrolifère de Valachie exhalent de grandes quantités de *gaz* (2.000.000 m³ par jour en Transylvanie) qu'on emploie à l'éclairage et au chauffage des villes. — Des régions de grande industrie se dessinent en Transylvanie et au Banat (19 hauts fourneaux) et dans la zone pétrolifère (61 raffineries d'une capacité de distillation de 4.600.000 t. ; conduites à pétrole — pipe-line — d'une longueur de 1.800 km. en 1916).

La Roumanie a les plus riches mines d'or de l'Europe — à part l'Oural —, les plus importantes exploitations de pétrole de notre continent — à part le Caucase —, les plus abondantes émanations de gaz combustible et une des plus grandes réserves de sel du monde. Elle apparaît comme un pays à richesses minérales multiples et comme la contrée la mieux douée pour un développement industriel de tout le sud-est de l'Europe.

Les *céréales* formeront toujours le trait saillant de l'exportation roumaine. D'après des calculs faits sur les données de 1910-1911, la Roumanie produira, en temps normal, une quantité de plus de 126.000.000 de quintaux métriques de céréales, ce qui la range après les Etat-Unis, la Russie et l'Argentine. Dans ses nouvelles frontières, la Roumanie pourra faire revivre sa plus grande richesse du passé et une des plus grandes jusqu'à la guerre vamale avec l'Austro-Hongrie : les *bestiaux*. Elle pourra aussi exporter son bois (les forêts couvrent plus de 1/5 de la surface du pays) demandé depuis des siècles par les régions steppiques du bassin oriental de la Méditerranée. A ce point de vue, elle a à son avantage les nombreuses rivières navigables pour les radeaux, le Danube et la mer. — N'oublions pas les *pêcheries* du Danube, considérées comme les plus grandes de l'Europe après celles de la Volga, qui sont loin d'avoir les avantages d'exportation des premières.

En résumé, la Roumanie est un pays de construction presque parfaite et de richesses variées, assez abondantes pour se déverser sur d'autres pays de l'Europe et du monde. — Ces considérations gagnent toute leur valeur par un autre fait : cette terre est habitée presque exclusivement par un seul peuple, est vivifiée par une seule âme.

§ 3. — Le peuple

Nous n'avons pas la prétention de tracer, dans ces quelques pages, une image tant soit peu complète du peuple roumain. Nous laissons de côté beaucoup d'aspects intéressants : costume, habitation, monuments, objets d'art populaires et religieux, mœurs, poésie, chansons. Ils existent et parfois avec une telle originalité et une telle richesse de nuances, qu'ils ont éveillé la sympathie de plus d'un étranger, spécialiste ou non. Ce sont les aspects d'une civilisation harmonieuse, qui a su combiner, dans un ensemble ayant un caractère propre, des influences orientales et occidentales.

Nous insisterons seulement sur quelques traits plus abstraits, qui se trouvent à la base de l'individualité du peuple roumain.

Les Roumains, en ce qui concerne le nombre, sont le plus grand peuple du sud-est de l'Europe. Ils dépassent les Hongrois, les Serbes, les Bulgares et cela même d'après les évaluations les plus défavorables. Un savant allemand, M. F. Lehmann (*Petermann's Mitteilungen*, juillet 1915), prenant pour vraies les statistiques officielles, pense que le nombre total des Roumains s'élève à 12 millions. De ce chiffre environ 11 millions habitent dans les limites de l'état actuel. Ils forment donc, d'après cette évaluation, une majorité de 64-69 %.

Mais on conteste à juste raison l'exactitude de certaines statistiques officielles. En Russie, un ministre même, M. N. Dournovo, en convenait en ce qui regarde la Bessarabie [1]. En Austro-Hongrie il suffit de rappeler un seul fait caractéristique : la rubrique des nationalités était basée sur la demande : « quelle est votre langue *usuelle ?* » ou bien : « quelle langue parlez-vous de *préférence ?* »

1. L'ancien royaume importait pour 570.000.000 de francs et exportait pour 692.000.000 de francs en 1911.

2. Il a été demandé en Afrique tropicale pour servir de monnaie d'échange.

1. Voir aussi : Emm. de Martonne, Choses vues en Bessarabie, Paris, 1919.

Ce procédé permit à la statistique en Bukovine d'enregistrer à 5 ans d'intervalle un minus de 31.721 pour les Roumains et un plus de 36.990 pour les Ruthènes (en 1875 : Roumains 221.726, Ruthènes 202.700; en 1880: Roumains 190.005 Ruthènes 239.690). Quant à la statistique hongroise, ce système lui permit en 1890 (Roumains 2.581.898) de n'atteindre même pas le chiffre enregistré 33 ans auparavant (Roumains en 1857 : 2.641.700).

Il est impossible d'évaluer actuellement le rapport numérique des différentes nationalités en Roumanie. On suppose que les Roumains forment les trois quarts de la population totale. Le recensement qui, d'après une loi récente, aura lieu un an après la clôture de la Conférence de la paix à Paris, donnera les précisions nécessaires.

En échange, on est plus renseigné sur la répartition de ces nationalités. Les Roumains forment la grande masse homogène, ayant son centre en Transylvanie, débordant les contreforts des montagnes et les régions voisines, dépassant le Nistre et le Danube, et atteignant en plusieurs endroits la Tissa. Cela veut dire que les Roumains s'étendent au delà des frontières actuelles[1].

En rapport avec cette masse roumaine considérons les autres éléments. Ils se composent de Hongrois, Secoui, Allemands, Juifs, Ruthènes, Russes, Bulgares, Turcs, Tatars et très peu de Serbes[2]. L'enclave la plus grande et la plus homogène se trouve en Transylvanie, au milieu même du pays, forte d'à peu près 500.000 Secoui (Szecklers)[3]. Elle est parfaitement encerclée par la masse roumaine. Une autre grande enclave se trouve autour du delta du Danube. C'est une véritable mosaïque ethnique. Les Roumains n'y manquent pas. Cette enclave est entourée par la masse roumaine et la mer Noire. Tout le reste des nationalités se trouve disséminé dans des îlots de peu d'importance, parmi les Roumains, ou sur les frontières du pays.

Il n'y a pas de doute que le caractère ethnique du pays est imprimé par le peuple roumain. Et cela non seulement à cause du nombre, mais à cause de quelques propriétés ethniques qui donnent une force exceptionnelle à ce nombre.

Une théorie historique assez jeune, très soigneusement cultivée par les Hongrois, veut que les Roumains, derniers vestiges d'une population romanisée, soient venus de la péninsule balkanique, après les Hongrois. Ils auraient passé le Danube et occupé, par une singulière coïncidence, justement l'emplacement de l'ancienne colonisation romaine en Dacie. — Aucun document, aucune tradition ne connaît cette émigration. Au contraire, les premiers chroniqueurs magyares mêmes racontent les luttes des Hongrois envahisseurs contre les Roumains. Mais il y a des affinités de langue et de religion avec les peuples des Balkans. Sans s'arrêter à l'objection que ces affinités n'impliquent pas l'inexistence des Roumains dans les Carpathes, mais leur existence aussi dans les Balkans, — d'où les populations chassées par l'invasion slave du VIe siècle ont pu passer en Dacie, — les Hongrois affirment que les Roumains sont un peuple plus récent qu'eux en ce pays. Pour un Occidental le fait paraîtrait de peu d'importance. Mais les Hongrois en ont tiré une conséquence : le droit « historique » du premier occupant justifie l'oppression du peuple venu après. Ils l'ont appliqué avec zèle.

Le fait est que les Roumains se trouvent mentionnés dès le XIIe siècle — 150 ans après l'invasion hongroise — dans le pays du Crish[1], en Galicie et à la mer Noire, c'est-à-dire dans leurs limites actuelles ; que les Slaves, dans leur poussée vers le sud, ont couvert toute la chaîne des Carpathes et y sont restés partout, sauf dans les Carpathes roumaines; que les Hongrois n'ont conquis la Transylvanie que politiquement, après deux cents ans de luttes, et que tous leurs efforts de sept siècles de colonisation dans cette région n'ont abouti qu'à maintenir une enclave et à former quelques îles hongroises disséminées.

Un des caractères primordiaux du peuple roumain est donc la *résistance*. Cette résistance a des causes multiples. Une conscience obscure de l'origine et de la supériorité de la race a toujours existé. C'est elle qui a fait garder le nom des ancêtres Romains et a donné le titre au premier état roumain : *Tzara romaneasca*. Mais surtout depuis un siècle et demi on peut parler d'une puissante conscience nationale basée sur la latinité du peuple roumain ; elle a vivifié tout l'organisme national. — Il y a aussi d'autres causes :

Le peuple roumain est *prolifique*. En 13 ans, la population de l'ancien royaume s'est accrue de 21,5 % (recens. de 1899 : 5.956.690 ; recens. de

1. La plupart en Serbie (Banat serbe 100.000, Serbie d'avant la guerre 250.000-300.000). On ne connaît pas encore le chiffre des Roumains de la Macédoine serbe.

2. 50.000 Serbes dans le Banat roumain.

3. Généralement on les considère comme des Hongrois. Ils s'en défendent et gardent jalousement leurs caractères distinctifs.

1. Des documents hongrois de 1075 gardent le nom de la rivière *Crys* (en roumain Crish, en hongrois Kóros) et de la montagne *Sorul* (en roumain Surul = le grisâtre ; l'article post-positif est caractéristique de la langue roumaine).

1912 : 7.234.914 hab.), ce qui revient à 1,65 % par an[1].

Le peuple roumain montre une *puissance d'expansion* indéniable. Il paraît que dans le passé a prédominé l'expansion pastorale, qui a porté des îlots roumains jusqu'en Moravie et en Istrie. Les temps modernes sont caractérisés surtout par l'expansion agricole, qui a colonisé foncièrement les steppes voisines et qui en Dobrogea a élevé, en 35 ans, le chiffre de la population roumaine de 30.000 à 220.000. En rapport avec ces qualités on trouve aussi la surprenante *homogénéité ethnique* roumaine, qui fait qu'on ne trouve pas de dialecte au bord du Danube.

Et enfin une dernière caractéristique, qu'on ne doit pas oublier : la *puissance d'assimilation* de ce peuple. Les anciens Slaves qui peuplaient les régions carpathiques roumaines se sont confondus depuis longtemps dans le peuple roumain. Ce qu'on appelait autrefois « le pays des Cumans » est un des plus purs territoires roumains. Une bulle papale de 1234 attirait l'attention sur le fait que les Hongrois, les Teutons et d'autres catholiques deviennent « un seul et même peuple avec les nommés Vlaques ». Arrêtons-nous à ces exemples anciens.

Une masse ethnique de l'étendue, de la vitalité et de la conscience de celle du peuple roumain, tôt ou tard, devait aboutir à un état unitaire. Le cadre géographique l'attendait depuis longtemps.

En rapport avec les faits mentionnés jusqu'ici ajoutons un mot pour quelques voix qui s'élèvent en Occident et au delà de l'Océan. Elles se montrent inquiètes, peut-être un peu du sort des richesses de la terre roumaine, mais surtout de la possibilité de persécution des minorités en Roumanie. Y a-t-il des raisons pour se donner tant de soucis ?

Les Roumains ont beaucoup souffert — c'est le trait dominant de toute leur histoire — et connaissent trop bien ce que veut dire l'oppression. Ils ne la remettront pas à la base de leur état, de même qu'ils ne l'ont pas mise dans le passé. Le peuple qui, dans des conditions défavorables, trouvait les moyens d'élever des églises et de répandre des donations et des livres saints par tout l'Orient, qui accueillait les réfugiés étrangers et protégeait les essais d'indépendance de la Grèce, de la Serbie et de la Bulgarie, n'opprimera pas les habitants de son propre pays, justement quand la plupart des vœux nationaux roumains ont été accomplis.

Les minorités le savent aussi bien que nous. Les demandes des Allemands du Banat, des Slovènes de Bikis-Csaba d'être incorporés à l'état roumain, le témoignage de fidélité des Saxons et tout récemment des Szecklers, en sont des arguments si puissants que nous les laissons parler d'eux-mêmes.

G. Valsan,
Professeur à l'Université de Cluj.

1. A titre de comparaison : Hongrie 0,79, Autriche 0,88, Russie 1,37, Serbie, 1,55, Bulgarie 1,50, Grèce 0,71, Allemagne 1,30. — D'après le *Statistisches Jahrbuch für das deutsche Reich*.

LA ROUMANIE NOUVELLE

Les changements politiques les plus importants produits par la guerre générale ont eu lieu, ainsi qu'il fallait s'y attendre, dans la partie de l'Europe la moins consolidée, en Orient.

Les principes proclamés par la Révolution française produisent leur effet à peine au bout d'un siècle, au profit des peuples du Centre et de l'Orient du continent qui étaient encore subjugués.

Quoique l'union des deux principautés danubiennes (la Valachie et la Moldavie) qui formaient la Roumanie d'hier ait servi au Congrès de Paris de 1856 et à Napoléon III pour étendre le principe que « la nationalité forme la base de l'Etat moderne », plus de la moitié du peuple roumain restait sous le joug austro-hongrois et russe. Aujourd'hui, excepté certaines fautes douloureuses, que l'avenir rectifiera certainement, l'Etat roumain, dans ses grandes lignes, s'étend presque dans les limites ethniques de son peuple, entre le Danube, la Theiss et le Dniester.

Sorti de cette guerre avec un territoire et une population doublés, l'Etat roumain se compose de quatre régions, dont une seule, l'Ancien Royaume, vivait indépendante. La Transylvanie et le Banat ont vécu sous le régime magyare, la Bucovine sous l'administration autrichienne, la Bessarabie sous la domination russe. Si à ces conditions nouvelles d'existence nous ajoutons les changements si radicaux provoqués par la guerre mondiale, et le fait que celle-ci a trouvé l'ancienne Roumanie en pleine réforme sociale, nous pouvons considérer le royaume de la Roumanie agrandie comme un champ d'expérience

intéressant pour l'application des nouveaux principes qui président au développement des Etats modernes. Le régime d'asservissement sous lequel ont vécu les principautés danubiennes, au cours du XVIIIe siècle et pendant la première moitié du XIXe, brisant les liens avec l'ancien régime national, et désorganisant presque complètement l'Etat, a supprimé toute tradition et a obligé la Roumanie moderne à se créer de toute pièce. Cela lui a donné la possibilité de s'organiser sans entrave et sans la trop grande résistance que seules des habitudes profondément ancrées ou d'anciennes traditions désuètes peuvent produire.

Dans les provinces libérées, la Transylvanie, le Banat, la Bucovine et la Bessarabie, le fait de remplacer l'ancien régime d'oppression et le besoin d'unifier quatre régimes différents, les uns gardant encore des restes d'organisations moyen-âgeuses, empêchent ici aussi l'influence de la tradition de s'exercer.

Ces données et les conditions géographiques dans lesquelles vit le peuple roumain nous font croire que l'étude du développement futur de la Roumanie peut soulever des questions d'un ordre plus général, qui peuvent intéresser l'organisation même de l'Etat moderne.

C'est pourquoi nous nous proposons de résumer les conditions d'existence de la Roumanie nouvelle et l'acheminement que son peuple semble devoir prendre pour accomplir le rôle qui lui revient.

***

Le peuple roumain forme, aux Bouches du Danube, une masse ethnique homogène de 14 millions d'habitants, située entre la Theiss, le Dniester et le Danube. La nouvelle Roumanie renferme, dans ses grandes lignes, cette masse ethnique caractérisée par la triple unité de race, de langue et même de religion.

Rarement un peuple se présente avec un caractère plus unitaire, non seulement au point de vue ethnique, mais aussi dans sa configuration d'« hinterland » direct des Bouches du Danube. La nouvelle Roumanie pourrait se définir : *le pays des Bouches du Danube*, l'écoulement normal de tout son territoire se faisant soit directement par le Danube et la mer Noire, soit indirectement, sur ses deux frontières opposées, par la Theiss et le Dniester navigables.

Le pays des bouches du plus grand fleuve international navigable et qui a le plus d'avenir en Europe, ne peut se développer qu'à la condition que la vie économique de ce fleuve soit normale. Si la Volga dépasse le Danube comme longueur (5.000 km.), elle ne baigne cependant qu'un seul Etat et s'écoule dans une mer fermée; le second fleuve par contre, avec ses 2.400 km. de longueur, arrose sept Etats, la plupart nouveaux, destinés après cette guerre à un puissant développement économique et politique.

Le régime politique d'hier du Danube a empêché cet essor. Quoique le Congrès de Paris, de 1856, ait déclaré ce fleuve international et établi à son embouchure la Commission européenne du Danube, pour assurer son libre débouché à la mer, malgré l'éloignement de la Russie des bouches du fleuve, le régime turc en Dobroudja et dans le Delta danubien n'a point permis une vie plus active.

A la suite de la guerre de 1877 (russo-roumano-turque), la Roumanie indépendante reprend son expansion et donne, grâce à sa production augmentée, et aux facilités accordées pour les travaux de la Commission européenne aux embouchures du Danube, un développement inconnu au trafic par le bras de Soulina. L'expulsion de la Turquie de la Dobroudja a permis aux ports de Braïla, Galatz, Soulina et Constantza de se développer, mais a ramené la Russie au bras de Chilia.

Si après 1877 le Danube a pu prendre, tant à son embouchure que sur la rive roumaine, une activité inconnue jusqu'alors, grâce à la Roumanie et à la Commission européenne, en amont des Portes de Fer l'Autriche-Hongrie entravait la liberté de ce fleuve et son internationalisation.

L'Empire dualiste, malheureusement soutenu par certaines grandes Puissances, n'a pas permis, depuis 1856 jusqu'à son écroulement, que la Commission internationale des Etats riverains, appelée à assurer l'internationalisation du Danube et la liberté de la navigation pour tous les pavillons, prenne corps.

Fiume et Trieste devaient, d'une manière factice, attirer, par les voies de terre et par des tarifs spéciaux, le trafic naturel des produits du bassin du Danube sur ce fleuve.

De même, la Bessarabie, baignée par le Pruth, le Danube et le Dniester, devait être conduite artificiellement à Odessa.

Nous ne pouvons donc pas nous rendre compte de l'avenir d'après ce qui a été, mais nous pouvons juger de l'essor que donneront le Danube et ses affluents (la Drave, navigable sur 132 km., la Sava sur 698 km., la Theiss sur 315 km. jusqu'à Szolnok) au bassin qu'ils drainent d'Ulm jusqu'à Soulina, par le développement qu'ont pris les pays situés à l'embouchure du Rhin et de l'Escaut, la Belgique et la Hollande, depuis que ce fleuve plus petit, plus éloigné des régions tropicales et sous l'attraction puissante du grand entrepôt mondial,

l'Angleterre, a été soumis à un régime de liberté pour la navigation internationale.

La guerre mondiale, cependant, ne libère pas seulement tous les peuples du bassin danubien, mais assure aussi un régime de liberté aux côtes de la mer Egée, aux rivages asiatiques de la mer Noire et de la Méditerranée, liberté qui leur avait manqué et qui avait empêché jusqu'ici la mise en valeur de ces régions si riches. Les Bouches du Danube sont les portes par lesquelles les produits spéciaux de ces régions, mis en valeur par les Etats civilisés, iront alimenter directement l'Est et le Centre de l'Europe.

Les Bouches du Danube appartenant à un seul Etat, et surtout à celui intéressé à leur développement, les empêchements d'hier dus aux voisinages fâcheux et aux intérêts contraires n'existeront plus.

Ainsi la Roumanie aura le double rôle d'appliquer et de sauvegarder sur le Danube les grands principes de la liberté de la navigation internationale posés par la Révolution française et développés aux Congrès de Vienne en 1815 et de Paris en 1856, et, par un régime de liberté pour tous, par une organisation économique et un outillage bien compris, de faciliter la navigation internationale.

Les Bouches du Danube, et par là même la Roumanie, seront demain un des pôles d'activité économique de l'Europe ; et cela non seulement grâce à la région habitée par le peuple roumain, mais aussi grâce au fait que le Danube par son parcours se trouve loin des ports maritimes des côtes du Sud et du Nord de l'Europe.

Aujourd'hui encore, sans grands travaux aux eaux moyennes, des bateaux de 700 tonnes arrivent jusqu'à Vienne, et de plus de 400 jusqu'en Bavière. Les bateaux de mer avec un tirant d'eau de 7 m. chargent à Braïla-Galatz ; de 8 m. à Soulina. Sur le Danube, en aval de Tournou-Severin, descendent des bateaux tirant jusqu'à 3 m. d'eau. Ces tonnages pourraient être facilement augmentés.

***

La Roumanie a été jusqu'à présent un pays agricole et un pays de grande propriété, dans lequel la petite propriété possédait moins de la moitié du sol. Deux grandes réformes ont eu lieu dans les derniers temps par voie d'évolution : l'une du régime légal de la propriété agraire, l'autre du régime économique de la petite propriété, qui indiquent ce que sera et ce que devra être chez nous et partout ailleurs la petite culture pour pouvoir prospérer dans la nouvelle phase de la civilisation et d'une vie plus démocratique.

L'état d'esclavage des deux principautés danubiennes, signalé plus haut, a arrêté pendant 150 ans le développement normal, social et économique des deux pays. La renaissance moderne de la Roumanie a trouvé en 1859 un régime agraire presque moyen-âgeux. Le paysan était l'esclave de la terre, sans autre droit que de travailler en dîme pour le grand propriétaire qui possédait la grande majorité de la terre, et de consacrer une grande partie de son temps aux corvées pour les nécessités du maître.

En moins de 60 ans nous passâmes de ce régime à la situation actuelle, dans laquelle les trois quarts de la propriété rurale agricole sont entre les mains du petit cultivateur. Ce changement a été fait par voie légale en trois opérations : 1° celle de libération de la « claca », c'est-à-dire des serfs, en 1864, et de la mise en possession du paysan des terres qu'il travaillait pour ses besoins directs ; 2° la vente successive des immenses domaines des monastères sécularisés par l'Etat et les achats de terres faits par les paysans aux grands propriétaires ; 3° enfin la dernière mesure préconisée avant la guerre et votée au cours de celle-ci : l'expropriation forcée de 2 millions et demi d'hectares de la grande propriété.

Cette mesure limite en fait la grande propriété agricole en moyenne au maximum de 500 ha. dans l'ancien royaume, 100 en Bessarabie, où une loi spéciale avait été conçue avant l'union pendant la révolution russe.

Ainsi la Roumanie, en moins d'un siècle, a renversé par voie légale, avec le concours des grands propriétaires mêmes, la situation décrite plus haut, délivrant les paysans de toute corvée et les rendant propriétaires des 2/3 au moins du terrain agricole du pays. Etant données les difficultés de toute sorte que l'Irlande suscite à l'Angleterre dans la question agraire, la Roumanie, petit pays isolé en face des gros problèmes de sa consolidation nationale, est heureuse d'avoir pu résoudre dans ses grandes lignes une question aussi difficile sans secousses violentes.

Mais il est certain que le passage si brusque d'un régime à un autre aurait pu produire une grande perturbation du développement économique de la Roumanie moderne, pays exclusivement agricole. Les résultats de l'exportation des céréales de la Roumanie ancienne depuis la première réforme agraire de 1864 jusqu'à la veille de la guerre balkanique de 1913 prouvent que la transformation du régime de la propriété, non seulement n'a pas gêné la production normale du pays, mais au contraire l'a continuellement accrue.

La liberté de la navigation des bouches du

Danube et du Danube roumain, le développement des moyens de transport, l'accroissement de la population et de son activité, ont influé sur cette augmentation, qui se traduisait par les chiffres suivants:

1860 —	116.166.404	lei (1 Leu = 1 fr.)
1871 —	117.682.882	»
1880 —	218.918.878	»
1890 —	275.958.000	»
1900 —	280.000.000	»
1910 —	616.504.000	»
1911 —	691.700.000	»

Le commerce extérieur de la Roumanie, qui était en 1860 de 178.884.000 lei, atteignait en 1911 le chiffre de 1.261.465.000 lei.

Mais nous ne pouvons nous faire une idée assez juste de la transformation agraire en Roumanie dans l'intervalle qui va jusqu'à la dernière expropriation, laquelle règle définitivement la question agraire, si nous ne tenons compte aussi de la transformation intérieure apportée à la culture du sol, et sans laquelle le progrès continu de l'agriculture eût été entravé.

Un processus continu, et qui date surtout de la crise de 1899, a changé le caractère même de la culture. Par l'affermage des grandes propriétés aux coopératives et par des associations de vente en commun, les petits cultivateurs ont été prêts le jour où la grande expropriation devait leur donner les 3/4 du terrain agricole. Grâce à l'initiative locale, encouragée par l'Etat, des banques populaires ont pris naissance après 1901 dans presque toutes les communes. Il y en a aujourd'hui dans la Roumanie ancienne plus de 3.000, avec un capital dépassant 300 millions de lei. C'est autour d'elles que s'est effectué tout le mouvement de préparation et de transformation de la petite culture. L'Institution centrale de ces banques et coopératives s'est tellement imposée que non seulement elle a pris part à l'exportation en grand des céréales par des ventes globales et directes, en remplaçant les intermédiaires, mais qu'aujourd'hui c'est elle qui a la charge d'exécuter la loi qui exproprie les grands domaines et rend propriétaires les paysans sur 2.500.000 ha.

Il ressort de l'expérience faite chez nous, de même que dans tous les pays agricoles, que la nationalisation du sol telle que la préconisent les théories socialistes, et qu'on a même essayé d'appliquer en Russie, a fait faillite et n'est point acceptée par les paysans. Sous un régime de culture intensive, la terre doit être propriété individuelle, car plus la culture est intense, plus on a besoin de bétail, d'instruments agricoles, de machines et de main-d'œuvre, dont la socialisation ne semble guère possible à notre époque.

L'évolution normale du régime agraire portera vers un morcellement continu de la terre fait au profit du cultivateur. Mais plus cette culture sera morcelée, plus s'imposera la solidarité des producteurs, aussi bien dans l'intérêt de l'agriculture que dans celui des consommateurs.

La théorie autrefois socialiste, mais aujourd'hui commune, relative aux coopératives, s'appliquera à la vente et à certaines opérations faites en commun.

La propriété agraire sera fondée donc sur la propriété individuelle, coordonnée seulement par une coopération d'autant plus active que la première sera plus morcelée.

La Roumanie fait justement en ce moment l'expérience dont nous venons de parler, et elle espère, d'après les résultats obtenus en associant les deux principes indiqués plus haut, l'expropriation du sol en faveur du travailleur de la terre et la coopération, accroître la production de ces 2.500.000 ha. qui passent de la grande à la petite propriété.

Le caractère principal de l'exportation de la Roumanie, dont les céréales forment la base, changera à la suite de la réforme de la production syndiquée par la Centrale des coopératives. Au lieu de passer par la spéculation d'un grand nombre d'intermédiaires, au lieu de vendre par petites quantités des produits de qualités variables, la Roumanie pourra bientôt « standardiser » les céréales pour les classer au point de vue de la qualité. Ce sera une transformation radicale de notre commerce extérieur, dont bénéficiera certainement le consommateur par la création de relations plus directes.

Cette exportation de la Grande-Roumanie, non pas avec les prix d'aujourd'hui mais avec les prix habituels, pourra atteindre une valeur d'au moins 3-4 milliards de francs.

* * *

La Roumanie nouvelle, grâce aux provinces ralliées, Transylvanie et Banat surtout, devient un pays presque complet au point de vue économique, une unité se suffisant à elle-même, parce que, en plus des matières premières procurées par la culture d'un sol riche et dans un climat favorable pour le blé, le maïs et toutes les plantes textiles et oléagineuses des pays tempérés méridionaux, elle dispose de gisements de charbon (Anina et Petrosani), de fer (Hunedioara et Resitza), de sel, de manganèse, d'une grande étendue de forêts et des pêcheries des Bouches du Danube, les plus riches peut-être d'Europe.

La chaîne des Carpathes, hier frontière, aujourd'hui formant la diagonale et en quelque sorte la colonne vertébrale du pays, rend possible l'utilisation des grandes forces hydrauliques, afin de transmettre l'énergie, sous forme d'électricité, vers les plaines du Danube, de la Transylvanie et du Banat.

Par le pétrole, le charbon et le lignite, l'énergie nécessaire à l'industrie peut être de beaucoup accrue. La Roumanie possède ainsi toutes les conditions nécessaires pour devenir facilement un pays industriel. De plus, par les Bouches du Danube situées en face de la côte occidentale de l'Asie, elle peut avoir facilement les produits exotiques nécessaires à la vie économique moderne.

Aussi la Roumanie nouvelle se préoccupe-t-elle des conditions nécessaires à cette importante branche d'activité. Avec toute la prévoyance et la décision dont elle a déjà fait preuve dans la question agraire, elle désire organiser dès le début cette industrie de manière à pouvoir profiter de l'expérience des autres pays.

Elle doit dès maintenant tenir compte des transformations puissantes que cette guerre a amenées dans l'ancienne conception sur les rapports entre le travail et le capital.

Elles ont été en partie concrétisées par les Traités de Paix, par la Conférence du Travail de Washington, ainsi que par les changements déjà apportés durant la guerre.

Le travail ne peut plus être dorénavant considéré comme un instrument aveugle, à l'égal des machines et des outils ; il sera un des facteurs vivants de la production. C'est en prenant place, dans l'usine moderne, à côté du capital, adapté à l'époque actuelle, qu'il transformera la matière première.

Sans arriver à la conception socialiste, qui demande de nationaliser la production, et à l'utopie communiste, qui veut remplacer le spécialiste et le capital par l'ouvrier, il est certain, vu l'importance prise par l'industrie après cette guerre, qu'une collaboration plus intime des trois facteurs mentionnés plus haut forme la base sur laquelle sera fondée toute usine.

Le travail a absolument besoin d'une représentation légale dans l'Etat, pouvant lui assurer ses justes revendications, sans avoir recours aux mesures violentes. On doit donner au travail son importance dans la vie économique et sociale de l'Etat en créant des syndicats professionnels légalement constitués, une Chambre de Travail, ainsi qu'une représentation de ces organes dans les conseils communaux, départementaux et même dans le Parlement (Sénat). Mais tout cela serait encore insuffisant.

Il doit pouvoir participer au progrès général de l'économie nationale.

Aussi l'industrie de l'avenir devra-t-elle être organisée de façon à pouvoir faciliter au travail la participation aux bénéfices réalisés. Cette participation devra être comprise dans le sens le plus large, pour faciliter la collaboration dont nous avons parlé plus haut. Si le soviet des ouvriers peut tuer l'industrie, comme il l'a fait en partie en Russie, la solidarité de l'ouvrier pouvant participer aux bénéfices du travail et aussi à l'exploitation générale de l'usine, connaissant ainsi à côté de ses avantages aussi ses difficultés, ne peut que faciliter la paix sociale.

A l'avenir, une fois que l'usine sera fondée avec le concours du capital, le facteur travail de tout grade doit pouvoir prendre successivement la place qu'il mérite. Le capitalisme dominateur, sous sa forme d'hier, ne peut durer sans un danger permanent de révolte, qui a facilité dans certains pays le bolchévisme.

La troisième modification apportée, par les temps actuels, à la conception de l'organisation économique, est celle qui touche le capital.

L'une des causes principales de la révolte des masses réside dans la grande agglomération des capitaux, que la vie économique moderne favorise quelquefois trop au détriment de la masse. C'est là que commence l'intervention de l'Etat voulant réduire cette agglomération de capital : par les impôts progressifs sur les revenus, sur le capital, par ceux sur les successions, sur les bénéfices de guerre, etc.

C'est l'une des raisons qui poussent les Etats-Unis à considérer comme un danger l'accaparement de certains produits de l'économie nationale (pétrole, chemins de fer, transports par mer, etc.) par quelques grands industriels, qui pourraient, à un certain moment, faire passer leurs propres intérêts avant ceux de l'Etat.

Les pays qui peuvent maintenant se donner une nouvelle organisation devront, sous ce rapport, chercher à répartir le plus possible le capital dans la masse, afin que le plus grand nombre puissent bénéficier du progrès économique du pays. On pourrait arriver à ce résultat par un régime financier des entreprises économiques, afin que tous les capitaux, même les plus modestes, puissent participer à la souscription publique et que, par la participation ultérieure aux bénéfices, le travail puisse prendre aussi part à cette organisation.

La Roumanie nouvelle aura donc à créer sa législation industrielle sur d'autres bases que

celles qui ont servi jusqu'à présent aux autres pays. Il semble qu'elle deviendra un laboratoire d'essai aussi dans cette nouvelle direction. Il est à peu près certain que cette future législation industrielle, ainsi que le régime des sociétés, seront inspirés par ces principes.

Dans la politique économique nouvelle qui a surgi de cette guerre, un rôle spécial incombe à l'Etat par le contrôle de ce qu'on appelle les grands instruments de l'économie nationale, à savoir : les moyens de transport d'intérêt général, les facteurs d'énergie, l'industrie de base, comme le charbon, le fer, etc., afin que tous puissent profiter des bénéfices apportés par le progrès général du pays. Il semble que le système de la régie co-intéressée, c'est-à-dire l'association d'initiatives privées aux institutions publiques, soit celui qui, dans la situation actuelle, offre le plus de garanties. Il donne la liberté d'action nécessaire aux entreprises avec un caractère commercial, permettant le contrôle de l'Administration publique afin de sauvegarder les intérêts généraux et d'assurer à cette administration la part qui lui revient du progrès général.

Dans un état tel que la Roumanie, très exposé aux essais de domination économique étrangère, toute intervention pour sauvegarder ses intérêts doit être d'autant plus persévérante. Aussi la Roumanie poursuivra-t-elle sa politique bien définie et depuis longtemps suivie, par laquelle elle a sous son contrôle tout le réseau des voies ferrées d'intérêt général, les facteurs d'énergie indispensables à son industrie ainsi qu'aux chemins de fer (chutes d'eau, charbon et pétrole).

Mais aujourd'hui, après cette guerre, on ne saurait plus concevoir une vie économique normale sans une organisation de l'enseignement professionnel correspondant. L'agriculture, l'industrie et le commerce même ne se développent plus que grâce à la science appliquée. L'Etat moderne doit poursuivre les grands avantages que peuvent lui apporter les découvertes journalières faites dans les laboratoires. Sans elles on ne saurait concevoir une activité ordonnée et complète; le contact entre l'homme de science et celui qui appliquera ses découvertes dans la vie pratique doit être continu. Cette nécessité se ressent encore plus dans un pays tel que la Roumanie, dont la richesse insuffisamment connue ne saurait être entièrement utilisée.

Nous avons eu le bonheur de recevoir dans le cours de l'année 1919 une Mission universitaire française, présidée par M. Lucien Poincaré, le regretté vice-recteur de l'Université de Paris, avec laquelle on a discuté l'organisation future de notre enseignement supérieur et surtout de l'enseignement professionnel, ainsi que les institutions scientifiques qui y sont attachées.

Dans cette direction, la Roumanie, d'origine latine, ne conçoit son développement intellectuel que sous les auspices de sa grande sœur aujourhui en tête d'une race dont nous sommes fiers de faire partie.

***

Combien nombreux sont les autres problèmes qui se posent encore pour l'Etat roumain ! Il serait trop long de les analyser tous. Nous nous contentons simplement de les citer : L'unification administrative des quatre régimes différents par une décentralisation bien comprise que stimulent l'initiative individuelle, la division du travail et qui facilite et accélère le contrôle; mais une décentralisation dans la conception moderne, où la commune et le département, tout en étant des organes viables et coordonnés, soient intimement liés à la vie générale de l'Etat dont ils font partie.

Le besoin de l'unification monétaire et les charges financières laissées par la guerre posent, chez nous aussi, le problème de la couverture du billet de banque, à un moment où l'or devient presque un monopole jalousement gardé par quelques Etats seulement. La Roumanie étant un pays exportateur, il s'agit de remplacer l'or par le crédit que donnera à l'étranger une exportation bien ordonnée, et une pareille organisation, nécessaire pour assurer un régime favorable à l'exportation des céréales, devra être imposée à quelques autres produits tels que le pétrole et le bois qui pourront être transformés sinon en or, du moins en de puissants crédits à l'étranger. La banque d'émission, comme toutes ses similaires d'ailleurs, ne pourra plus vivre sur le stock d'or monopole de quelques Etats et qui constitue une marchandise qui, par les transactions à venir, ne sera plus d'une importance telle qu'on ne puisse la remplacer.

La Roumanie, possédant peu d'or, est un des premiers Etats qui sera obligé d'expérimenter le nouveau système d'émission, peut-être mixte pour la première période. Son agriculture, lui assurant une grande capacité d'exportation, la met en possibilité d'assurer en très peu de temps le stock nécessaire de traites sur l'étranger, qui vont conférer à son billet la valeur qu'aurait dû avoir le billet international des Alliés dont on a tellement parlé.

Comme nous l'avons indiqué plus haut, la Roumanie a adopté, pendant la guerre, le suffrage universel. Il faudra maintenant qu'une nouvelle Constitution, allant de pair avec l'organisation

administrative décentralisée, donne au nouvel Etat roumain son organisation unitaire.

En tant que monarchie constitutionnelle à régime parlementaire, la Roumanie devra aussi, au point de vue de son organisation politique, établir les principes directeurs pour l'accomplissement de ses destinées d'Etat.

Mais le caractère de l'Etat moderne se transforme en rapport avec la culture et la conscience des droits et des devoirs des masses populaires. Plus l'activité de ces masses s'appuie sur la division croissante du travail et la décentralisation, plus le rôle de l'Etat se réduit à celui d'un surveillant, d'un conseiller et d'un coordonnateur. Dans la future vie administrative, l'Etat gendarme, centralisateur et omniscient, fera place à l'Etat qui laisse un libre jeu aux initiatives locales et remplira de plus en plus le rôle d'un père de famille qui n'intervient que lorsqu'il voit les actions de l'enfant compromises par les fautes, ou par l'inertie.

De même, dans la vie économique et culturale, la vie de l'Etat civilisé moderne est trop active et complexe, trop étendue en surface et en profondeur, pour qu'il puisse conduire partout et dans les détails l'activité entière d'un pays.

L'Etat doit susciter, organiser et contrôler le développement de ce travail, l'aider au besoin, à condition toutefois que ce travail se fonde sur la collaboration assidue de ceux qui y sont directement intéressés. Les chambres de commerce, d'agriculture, d'industrie seront, avec plus de liberté et de moyens, dans chaque département, le syndicat des intérêts professionnels respectifs, dans lequel l'Etat n'aura que le rôle indiqué plus haut. De cette division du travail doivent s'inspirer toutes les branches d'activité sociale : les Universités, l'Eglise (en Roumanie, l'église chrétienne orthodoxe, comprenant 12.500.000 à 14.000.000 de Roumains, est une institution d'Etat), etc. Elle formera le futur pacte fondamental de la Roumanie nouvelle.

*
* *

J'ai esquissé rapidement les questions capitales qui se posent à propos de l'organisation future de la Roumanie. On fera remarquer peut-être que cette œuvre, étant trop vaste et trop compliquée, sera difficilement réalisable.

Nous aurons certainement des difficultés, les unes dues à cette région tourmentée de l'Europe où nous habitons et où l'équilibre tardera à s'établir, les autres dues au délai très court dans lequel cette œuvre si grande et si complexe doit être achevée. Nous augmenterons nous-mêmes ces difficultés par le fait qu'étant un îlot latin isolé, nous ne pouvons pas accepter le concours des peuples voisins étrangers, afin de conserver de la sorte le caratère de notre Etat national.

Mais, quelles que soient ces difficultés, si nous nous rappelons qu'il y a 70 ans deux principautés vassales de la Turquie, qui n'avaient ni écoles, ni professions libres, ni commerce, ni chemins de fer, ni voies de communication, ni armée, ni magistrature, qui étaient soumises à la domination médiévale de privilégiés, la plupart étrangers, où les paysans étaient les esclaves de la terre, se sont transformées en un royaume libre qui a fait la guerre de l'indépendance, qui a son organisation économique, politique et culturale nationale, ses chemins de fer exploités par des ingénieurs roumains, qui a les trois quarts du territoire dans la possession des paysans, qui a ses ports et sa navigation maritime et fluviale nationales, qui a un équipement économique et cultural avec une armée qui a fait la dernière guerre, on peut alors se demander si la Roumanie ne peut pas sortir victorieuse de l'épreuve qui commence aujourd'hui, lorsqu'au lieu de 5 millions d'habitants elle en compte 14 millions, qui sont maîtres définitifs de leur destinée, et qu'elle n'a plus à l'Est et à l'Ouest de grands ennemis qui veulent l'envahir?

Cette épreuve, le peuple roumain va la tenter. Il sait bien qu'il ne peut pas compter sur l'appui direct et continuel de ses grands alliés trop éloignés, mais il sent qu'il peut compter sur une aide morale de leur part, afin qu'il soit le pionnier de la civilisation aux embouchures du Danube.

Vintila I. Bratiano.

Mars 1920.

LA GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE PROJECTIVE DES RÉSEAUX

La Géométrie différentielle ou infinitésimale étudie les propriétés des figures géométriques dans le voisinage d'un de leurs éléments. C'est ainsi que la tangente à une courbe plane est la droite qui joint un point à un point infiniment voisin, le cercle osculateur passe par trois points infiniment voisins. De même, la demi-quadrique osculatrice à une surface réglée est définie par trois génératrices infiniment voisines de la surface.

La Géométrie différentielle classique, telle qu'elle a été créée par Euler, Monge et ses élèves, Gauss, complétée par Darboux, Weingarten, Ribaucour, Bianchi, Guichard, etc., comprend, sans distinction, les propriétés métriques et les propriétés projectives.

De temps en temps, il y a eu des géomètres, comme M. Kœnigs, qui ont étudié de préférence les propriétés des éléments infinitésimaux d'une figure, qui ne changent pas à la suite d'une transformation projective.

On avait aussi considéré certaines méthodes analytiques pour la recherche de ces propriétés. C'est ainsi que Halphen avait introduit la notion féconde d'invariants différentiels projectifs pour l'étude des courbes planes et gauches.

Cependant, c'est à M. Wilczynski que revient le mérite d'avoir créé une théorie projective, aussi complète que possible, des propriétés infinitésimales des courbes planes, des courbes gauches et des surfaces réglées. Il a employé à cet effet certains invariants et covariants des équations différentielles linéaires du troisième et du quatrième ordre et des systèmes d'équations du second ordre. Il a appliqué aussi une méthode analogue à l'étude des surfaces et des congruences de droites de notre espace.

Cette méthode a donné de beaux résultats. Toutefois les calculs, un peu longs et compliqués, laissent au second plan les propriété géométriques. Aussi, les études synthétiques de quelques géomètres italiens ont rendu à cette branche de la Géométrie différentielle un aspect plus intuitif, en y ajoutant de plus la considération des figures dans un espace projectif à plus de trois dimensions.

A l'aide de ces méthodes, tant géométriques qu'analytiques, on pouvait entreprendre l'étude systématique des parties les plus intéressantes de la Géométrie différentielle projective. Une de ces théories, dont l'origine analytique remonte jusqu'à Laplace, dont la notion géométrique est due à Dupin, et les développements ultérieurs à Darboux et à tant d'autres géomètres, *la théorie des réseaux*, relie entre elles la plupart des propriétés remarquables, projectives ou métriques, des surfaces et des congruences de droites.

Aussi je me suis engagé, presque en même temps qu'un jeune et distingué géomètre italien, M. D. Bompiani, à la recherche des propriétés générales des réseaux dans un espace à un nombre quelconque de dimensions et de leurs applications aux propriétés infinitésimales de notre espace[1].

Je crois qu'il ne sera pas sans intérêt pour les lecteurs de cette Revue, de connaître les lignes générales d'une branche remarquable de la Géométrie différentielle projective.

I. — Réseaux

1. Dupin a dû arriver à la notion de tangentes conjuguées pour une surface quelconque, en commençant tout d'abord par les surfaces du second ordre, car au voisinage d'un point ordinaire on peut toujours remplacer une surface arbitraire par une quadrique.

Considérons une droite D et sa polaire réciproque D′, par rapport à une quadrique Q. Si D devient tangente en M à Q, D′ l'est aussi, et on a deux *tangentes conjuguées* de la surface.

Si l'on considère les tangentes à une courbe C tracée sur la quadrique Q, les tangentes conjuguées forment une surface développable Γ, la polaire réciproque de la courbe C par rapport à Q.

Nous dirons que deux familles de courbes, tracées sur la quadrique Q, forment un *réseau*, si par chaque point M de la surface (ou d'une région de celle-ci), il passe une courbe de chaque famille et si les tangentes en M aux deux courbes qui y passent sont conjuguées.

Il en résulte que les tangentes aux courbes d'une des familles d'un réseau de Q, aux points où ces courbes rencontrent une courbe quelconque de l'autre famille, forment une surface développable, c'est-à-dire qu'elles sont tangentes à une même courbe de l'espace ou passent par un point fixe.

2. On peut prendre la dernière propriété des réseaux d'une quadrique comme définition des réseaux tracés sur une surface quelconque de

1. J'ai réuni cette théorie générale des réseaux et ses applications dans un volume, que j'ai en manuscrit et que j'espère publier bientôt.

notre espace et il est manifeste que cette définition a le caractère projectif.

La même propriété sert à définir les réseaux dans un espace projectif à plusieurs dimensions.

3. En traduisant analytiquement cette définition, on arrive au résultat suivant, trouvé tout d'abord par Darboux pour les réseaux de notre espace, généralisé ensuite par M. Guichard et par M. Segre pour un espace à plusieurs dimensions :

Si les courbes $u =$ const. et $v =$ const. d'un espace à n-1 dimensions forment un réseau, les n coordonnées projectives du point x qui décrit le réseau satisfont à une équation de Laplace :

$$(1) \qquad \Theta_{uv} + a\Theta_u + b\Theta_v + c\Theta = 0,$$

où a, b, c sont des fonctions connues de u et v, Θ la fonction inconnue et Θ_u, Θ_v et Θ_{uv} ses dérivées partielles, indiquées clairement par les indices.

Réciproquement, n solutions linéairement indépendantes d'une équation de la forme (1) déterminent un réseau dans un espace projectif à n-1 dimensions.

Comme toute combinaison linéaire, homogène et à coefficients constants des n coordonnées est aussi une solution de (1), il résulte qu'une transformation projective appliquée à un réseau donne un nouveau réseau. Les réseaux sont par conséquent des figures à caractère projectif.

4. On voit déjà la liaison étroite qui existe entre un réseau et l'équation de Laplace correspondante. Cependant, sans entrer dans trop de détails, je dois remarquer que, si le réseau est donné analytiquement, l'équation de Laplace (1) est déterminée. La réciproque n'est pas vraie : l'équation (1) ne détermine pas les n coordonnées du point x. Nous verrons plus loin qu'il faut un système d'équations aux dérivées partielles pour définir le réseau, à une transformation projective près.

5. D'autre part, on peut multiplier les coordonnées projectives du point x, qui décrit le réseau, sans que ce point change. De même, on peut remplacer la variable u par une autre, la variable v aussi, sans que le réseau subisse un changement géométrique. Alors l'équation (1) est transformée dans une autre de la même forme. Dans tous ces changements, les fonctions

$$h = a_u + ab - c, \; k = b_v + ab - c,$$

que Darboux a appelées des invariants de (1) et qu'avait rencontrées Laplace dans ses recherches sur les cas intégrables de (1), jouent un rôle important.

En particulier, lorsque les invariants sont égaux, on peut, par l'une des transformations précédentes, réduire l'équation de Laplace (1) à la forme simple

$$(2) \qquad \Theta_{uv} = h\Theta.$$

On dira dans ce cas que le réseau est à invariants égaux.

6. Pour simplifier le langage, nous désignons dans la suite par (x) le réseau décrit par le point x.

Considérons maintenant les deux tangentes xx_1 et xx_{-1} en x aux courbes du réseau $u =$ const., $v =$ const. qui se croisent en ce point.

La tangente xx_1, par exemple, varie lorsque u et v varient et engendre une configuration réglée remarquable qui jouit des propriétés suivantes :

Lorsque $u =$ const., le point x varie le long d'une courbe fixe du réseau (x), et xx_1, restant continuellement tangente à cette courbe, décrit une surface développable ; lorsque $v =$ const., x décrit une courbe de l'autre famille, et xx_1, d'après la définition du réseau, engendre encore une surface développable, c'est-à-dire qu'un de ses points autre que x, soit x_1, décrit une courbe tangente en x_1 à xx_1 ou bien reste fixe.

La configuration réglée engendrée par xx_1 et que nous noterons par (xx_1) peut donc être décomposée de deux manières différentes en surfaces développables. Nous dirons que c'est une *congruence* de l'espace à n-1 dimensions.

Il est aisé de voir que le point x_1 décrit en général, tout comme x, un réseau (x_1). On a ainsi les *réseaux focaux* (x) et (x_1) de la congruence (xx_1). On appellera les points x et x_1 les foyers du rayon xx_1 de la congruence.

On dit aussi que le point x_1 est le transformé de Laplace de x dans le sens de la courbe v. Si $h = 0$, le point x_1 décrit une courbe et l'équation (1) est intégrable.

On a des résultats tout pareils aux précédents pour la tangente xx_{-1}. On a ainsi une autre congruence (xx_{-1}) dont les réseaux focaux sont décrits par les points x et x_{-1}, celui-ci étant le transformé de Laplace de x dans le sens de la courbe u.

En résumé, les tangentes du réseau engendrent deux congruences dont les développables correspondent aux courbes du réseau.

7. On peut établir entre les congruences et les réseaux des relations géométriques que l'on peut étudier d'une manière régulière et que M. Guichard a considérées pour la première fois, surtout au point de vue métrique.

Dans le cas particulier où l'on a une congruence

(yz) dont le rayon générateur yz passe par le point x d'un réseau (x) et si les développables de la congruence correspondent aux courbes du réseau, on dira que la congruence et le réseau sont *conjugués*.

8. Etant donnée la congruence (yz), dont (y) et (z) sont les réseaux focaux et (x) un réseau conjugué, supposons que le conjugué harmonique x' de x par rapport à yz décrive aussi un réseau (x'); alors les deux réseaux (x) et (x') sont à invariants égaux. Ce beau théorème est dû à M. Kœnigs. La réciproque est vraie. On peut déduire ainsi de tout réseau (x) à invariants égaux, à l'aide d'une congruence conjuguée (yz), un autre réseau à invariants égaux.

Cette transformation des réseaux à invariants égaux a été donnée pour la première fois, sous forme analytique, comme une transformation des équations de la forme (2), par Moutard.

D'ailleurs M. Kœnigs a trouvé une autre propriété caractéristique des réseaux à invariants égaux. On peut montrer que dans le plan $x_{-1}xx_1$ il existe une conique tangente en x_{-1} et x_1 à xx_{-1} et à xx_1 et ayant là avec les courbes $v =$ const. et $u =$ const., respectivement décrites par ces points, des contacts du second ordre.

Les coniques de Kœnigs qui correspondent aux réseaux à invariants égaux (x) et (x'), obtenus plus haut, ont deux points communs et jouissent de propriétés géométriques qui ne manquent pas d'intérêt.

9. Lorsque les coordonnées du point x, qui décrit un réseau (x), satisfont à une relation homogène et du second degré, nous dirons que le réseau est *quadratique*. Le réseau (x) est alors tracé sur l'espace quadratique à n-2 dimensions Q_{n-2} représenté par la relation quadratique donnée.

On a pour ces réseaux une transformation fondamentale, donnée pour notre espace par Ribaucour et pour un espace projectif arbitraire par M. Drach, à savoir :

Si (yz) est une congruence conjuguée à un réseau quadratique (x) et que x' est le point où le rayon yz coupe de nouveau l'espace quadratique Q_{n-2}, le point x' décrit aussi un réseau, manifestement quadratique.

On dira que le réseau (x') est le transformé de Ribaucour de (x).

Lorsque le réseau quadratique (x) est à invariants égaux, il y a, parmi ses transformés de Ribaucour, des réseaux à invariants égaux.

Cette transformation spéciale des réseaux quadratiques à invariants égaux a été trouvée, dans un cas particulier, sous forme métrique, par Darboux. En relation étroite avec cette transformation il y en a une autre, qui est la généralisation d'une transformation due à M. Bianchi.

II. — Suites de Laplace

10. Nous avons vu, au n° 6, qu'en partant d'un réseau (x) on en déduit géométriquement, par la transformation de Laplace, deux autres réseaux (x_1) et (x_{-1}).

Il est clair qu'un des transformés de Laplace de (x_1) est (x) et que par conséquent il en a un second (x_2). De celui-ci on en déduit (x_3) et ainsi de suite.

De la même manière de (x_{-1}) on obtient (x_{-2}), ensuite (x_{-3}), etc.

En partant d'un réseau, on obtient ainsi, par l'application successive de la transformation de Laplace, une succession de réseaux, qui se prolonge dans un sens et dans l'autre et que nous appellerons une *suite de Laplace*. Pour plus de simplicité, nous noterons par $[x]$ la suite de Laplace déduite du réseau (x).

Une suite de Laplace est une configuration géométrique des plus remarquables, qui forme un tout et qui peut être définie à partir d'un quelconque de ses réseaux. Chacune des droites $xx_1, x_1x_2, x_2x_3, \ldots$ ou $xx_{-1}, x_{-1}x_{-2}, x_{-2}x_{-3}, \ldots$ engendre une congruence de la suite.

Ce qu'il y a d'intéressant c'est que, si le réseau initial (x) appartient à un espace à $n-1$ dimensions, il en est de même de toute la suite. Il en résulte alors que entre $n+1$ points successifs, $x, x_1, x_2, \ldots, x_n$ par exemple, il y a une relation linéaire :

$$x_n + \alpha_{n-1}x_{n-1} + \ldots + \alpha_1 x_1 + \alpha x = 0.$$

C'est au fond une équation aux dérivées partielles, qui, ajoutée à l'équation de Laplace (1), définit le réseau (x) et par conséquent la suite $[x]$, à une transformation projective près.

11. Si l'on considère un réseau (y) conjugué à la congruence (xx_1) de la suite $[x]$, la suite de Laplace $[y]$ déduite du réseau (y) a une relation géométrique très simple avec la suite $[x]$, à savoir : le point y_1 est situé sur la droite x_1x_2, y_2 sur x_2x_3, etc.; le point y_{-1} est situé sur xx_{-1}, y_{-2} sur $x_{-1}x_{-2}$ et ainsi de suite.

Nous dirons que la suite $[y]$ est inscrite dans $[x]$, laquelle à son tour est circonscrite à $[y]$.

On a des méthodes régulières pour obtenir les suites de Laplace inscrites ou circonscrites à une suite donnée.

Il y a encore d'autres moyens géométriques pour déduire d'une suite de Laplace donnée d'autres suites.

12. Une suite de Laplace peut se prolonger, en

général, indéfiniment dans un sens et dans l'autre. Elle ne s'arrête que si un des réseaux de la suite se réduit à une courbe, car alors la transformation cesse de s'appliquer.

Supposons que le point x_n décrit une courbe. Il y a deux cas à considérer : la droite $x_{n-1}x_n$ est tangente en x_n à cette courbe et alors le dernier réseau (x_{n-1}) est tracé sur une surface développable, ou bien la courbe décrite par x_n n'est pas tangente à $x_{n-1}x_n$. Le premier cas est appelé le cas de Goursat, le second le cas de Laplace. Il y a un cas intermédiaire qui fait partie des deux, lorsque le point x_n est fixe.

Le problème des suites qui s'arrêtent d'un côté et surtout de celles qui s'arrêtent des deux côtés est très intéressant. Analytiquement, il a été abordé pour la première fois par Moutard, étudié à fond par Darboux, complété par M. Goursat et repris géométriquement par M. Bompiani.

Si un des réseaux (x) de la suite est à invariants égaux, la suite ne peut se terminer dans un sens sans se terminer dans l'autre.

J'ai étudié tous ces problèmes, avec tous leurs cas particuliers, en utilisant les méthodes de Darboux, auxquelles j'ai donné une forme géométrique.

12. Il y a un autre problème sur les suites de Laplace qui me semble mériter une attention spéciale.

Il est naturel de chercher s'il y a des suites de Laplace telles qu'en les prolongeant suffisamment dans un sens, on retrouve le réseau initial. La relation (3) doit se réduire dans ce cas à

$$x_n + \alpha x = 0.$$

Darboux a fait la recherche analytique des cas où $n = 1$ et $n = 2$. J'ai étudié le cas général, en cherchant surtout les transformations de ces suites en des suites de même nature. Si un des réseaux de la suite est à invariants égaux, les résultats sont particulièrement intéressants et pour $n = 3$ et $n = 6$ conduisent à des classes nouvelles de surfaces de notre espace.

13. J'ajoute encore, pour finir avec la théorie générale des réseaux, que j'ai aussi abordé une question essentielle pour ce chapitre de la Géométrie différentielle projective, à savoir celle des suites qui restent invariables à la suite d'une transformation projective. J'ai appelé ces suites des *suites autoprojectives*. Pour qu'il en soit ainsi, il faut et il suffit que deux réseaux de la suite soient projectifs l'un de l'autre. Il y a un cas simple, celui où les deux réseaux sont consécutifs, qui est aisé à étudier. Le cas général est bien plus délicat.

III. — Applications

14. Pour ne pas étendre davantage cet article, je dirai très peu de choses sur les applications des réseaux.

Toutes les fois que l'on rencontrera des solutions d'une équation de Laplace (1), on pourra employer avec succès l'image géométrique des réseaux.

Spécialement, on peut faire l'étude des surfaces de notre espace rapportées à leurs lignes de courbure ou à leurs lignes asymptotiques, en utilisant certaines images avec des réseaux d'un espace à plusieurs dimensions.

Pour une surface rapportée à ses lignes de courbure, on obtient, à l'aide des coordonnées penta-sphériques, un réseau quadratique. On peut appliquer alors la transformation de Ribaucour et obtenir ainsi une transformation de notre espace avec conservation des lignes de courbure.

Pour une surface rapportée à ses lignes asymptotiques, on a comme image une congruence dont toutes les droites appartiennent à un même espace quadratique. Une transformation de Ribaucour conduit à une transformation avec conservation des lignes asymptotiques, spécialement à la considération des congruences W, qui jouent un rôle considérable dans la Géométrie différentielle moderne.

J'ai donné encore d'autres exemples que l'on peut résoudre à l'aide des principes simples et généraux de la théorie des réseaux. C'est là l'importance de ce chapitre de la Géométrie différentielle et c'est ce qui m'a fait écrire cet article.

G. Tzitzéica,
Doyen de la Faculté des Sciences
de Bucarest.

SUR QUELQUES RÉACTIONS D'IMMUNITÉ CHEZ LES INVERTÉBRÉS

Les Invertébrés sont-ils capables de fabriquer des anticorps? Existe-t-il chez eux des anticorps naturels? Répondent-ils, comme les Vertébrés, à l'introduction d'antigènes, par l'élaboration d'anticorps spécifiques? Voici un problème du plus haut intérêt pour le biologiste et qui jusqu'ici a été à peine effleuré. Cela tient, en grande partie, au fait que les réactions d'immunité, à cause de leur importance en pathologie humaine, ont été surtout étudiées par des médecins qui, tout naturellement, ont fait porter leurs recherches sur les espèces animales les plus voisines de l'homme, en particulier sur les Mammifères.

Jusqu'à ces dernières années, l'opinion généralement reçue, fondée sur un certain nombre d'expériences négatives, était que les Invertébrés sont très peu aptes à produire des anticorps. Les biologistes avaient tendance à admettre que les anticorps ne se manifestent dans la série animale qu'à partir du moment où l'appareil circulatoire se complique par l'apparition d'un système capillaire sanguin. Au fond de cette conception, il y a l'hypothèse plus ou moins formulée que l'endothélium des capillaires sanguins pourrait bien être le lieu de formation de ces substances jusqu'ici si mal définies. Les essais de Metchnikoff[1] pour faire produire de l'antitoxine aux Scorpions ainsi qu'aux larves d'*Oryctes nasicornis*, auxquels il injectait de la toxine tétanique, échouèrent complètement; V. Dungern[2] échoua également dans ses tentatives pour obtenir des précipitines chez un Mollusque céphalopode, l'*Eledone moschata*, auquel il inoculait du plasma de *Maia squinado;* Mesnil[3], en nourrissant des Actinies (*Anemonia sulcata*) avec du sang coagulé de poulpe ou de bélier, ne réussit pas à faire apparaître chez ses animaux d'hémolysines spécifiques; H. Fredericq[4] soumit à des inoculations répétées de blanc d'œuf ou de sérum de bœuf des Vers à soie, des Mollusques gastéropodes (*Haliotis tuberculata*), des Céphalopodes (*Octopus vulgaris*, *Sepia officinalis*), ainsi que divers Crustacés décapodes; les résultats demeurèrent constamment négatifs, et jamais il ne put constater l'apparition de précipitines dans le sang de ces animaux. Harold Drew[5] ne fut pas plus heureux sur des Mollusques lamellibranches (*Arca*, *Pecten*) ou des Oursins auxquels il injectait du sang de Vertébrés, du blanc d'œuf ou des spermatozoïdes; A. Ciuca[6] ne réussit pas davantage à obtenir d'hémolysines chez des Arénicoles qui recevaient des hématies lavées de mouton dans leur cavité générale.

L'inaptitude des Invertébrés semblait donc assez bien établie par des expériences tentées sur des espèces appartenant à des groupes aussi divers. La généralisation d'une semblable affirmation paraissait néanmoins, *a priori*, assez peu acceptable, si l'on songe que la production d'anticorps spécifiques a été nettement constatée chez certains végétaux; rappelons ici la belle découverte de Noël Bernard[1], qui a démontré que, chez les Orchidées dont les radicelles hébergent normalement dans leurs cellules corticales un champignon symbiotique (*Rhizoctonus*), le bulbe représente un centre producteur d'anticorps spécifiques; pour chaque espèce d'orchidée considérée, la fonction fungicide du bulbe est spécifiquement dirigée contre l'espèce de Rhizoctone qui lui est particulière. Ce fait a été expérimentalement démontré par la méthode des cultures sur gélose; la substance fungicide est détruite par le chauffage à 55°; il s'agit bien là d'un anticorps spécifique élaboré par l'organisme végétal, et, dès lors, ce mode de réaction, constaté chez les plantes comme chez les Vertébrés supérieurs, nous apparaît comme une fonction très générale des êtres vivants; comment les Invertébrés pourraient-ils faire exception à une règle aussi étendue?

* * *

Nous connaissons déjà chez les Invertébrés plusieurs exemples où, pour satisfaire à des conditions d'adaptation particulières, l'organisme répond par l'élaboration d'antiferments spécifiques ou de ferments nouveaux; telle est l'élaboration d'une antithrombine par les glandes salivaires des Sangsues ou de divers Insectes piqueurs; telle est la présence, dans les humeurs de la larve de *Galleria melonella* qui vit à l'intérieur des cellules des abeilles et se nourrit de cire, d'un ferment des plus actifs qui dissout la cire d'abeille et dissout aussi la cire qui imprègne le corps des bacilles tuberculeux. Ces processus antagonistes se rapprochent déjà des actions d'anticorps.

Mais il y a plus, et nous connaissons chez plusieurs espèces d'Invertébrés l'existence d'anticorps véritables, normaux ou acquis, et cela surtout dans les cas où l'imprégnation de l'organisme par les antigènes a eu lieu pendant un temps très long. C'est ainsi que E. Metchnikoff[2] a constaté

1. *Ann. Inst. Pasteur*, t. XI, p. 861; 1897.
2. *Cbl. f. Bakteriol.*, Originale, t. XXXIV, p. 355; 1903.
3. *Ann. Inst. Pasteur*, t. XV, p. 352; 1901.
4. *Arch. intern. de Physiol.*, t. X, p. 39; 1910.
5. *Journal of Hygiène*, t. XI, p. 189; 1911.
6. Communication verbale.

1. *Ann. Sc. nat.*, *Bot.*, 9e série, t. XIV, p. 221; 1911. — *L'évolution des plantes*, Alcan, 1914.
2. *L'immunité dans les maladies infectieuses*, p. 343 (Masson, 1901).

dans le sang des Scorpions l'existence d'un anticorps neutralisant leur propre venin; l'addition à ce venin de plasma sanguin provenant de la même espèce rend le mélange complètement inoffensif pour la souris. D'intéressantes expériences de L. James et A. Mandoul[1] nous ont montré que le « suc » de certaines Ténias (*T. serrata*, *T. expansa*), parasites de l'intestin, exerce une action bactéricide énergique sur certaines bactéries non sporulées telles que le bacille typhique ou le vibrion cholérique; observation des plus suggestives si l'on songe que le mode de défense des Ténias vis-à-vis des bactéries intestinales au milieu desquelles ils vivent est un point non élucidé. J'ai pu faire des constatations de même ordre en étudiant les propriétés du sang[2] du Crabe (*Carcinus mænas*) parasité par la Sacculine. En traitant une bouillie de sacculine externe par l'alcool et en reprenant, après évaporation, le résidu sec par la solution physiologique de NaCl, on prépare l'antigène qui sert aux expériences *in vitro;* on constate alors, avec la plus grande évidence, que, tandis que le sérum de crabe normal ne renferme aucun ambocepteur capable de fixer sur l'antigène une alexine de cobaye, le sérum du *Carcinus* sacculiné ou débarrassé depuis quelques jours de sa sacculine externe contient une sensibilisatrice qui absorbe énergiquement cette alexine — constatation facile à faire par la méthode de Bordet-Gengou. D'autre part, en employant une fine suspension d'antigène non traité par l'alcool, on constate que le sérum spécifique exerce sur les particules en suspension une action précipitante des plus nettes et agglutine fortement les petits éléments du précipité, alors que l'action du sérum de crabe normal reste nulle. Cette agglutino-précipitine est détruite par le chauffage à 57-58°. Notons que le sérum d'un crabe sacculiné agglutine toujours l'antigène préparé avec sa propre sacculine plus énergiquement que l'antigène provenant d'un autre individu, ce qui tient sans doute au fait que les propriétés antigènes des sacculines varient avec l'âge du parasite. Voici donc un indiscutable exemple de Crustacé chez lequel une longue imprégnation par les antigènes parasitaires a donné lieu à l'élaboration non seulement d'agglutinines mais encore de sensibilisatrice, fait d'autant plus curieux que le crabe parasité ne renferme, par lui-même, aucune alexine capable de réactiver un système hémolytique inactivé.

N'oublions pas enfin que Hideyo Noguchi[3], dès 1903, après avoir constaté que le sérum du Homard ainsi que celui de la Limule possèdent naturellement un pouvoir agglutinant énergique pour diverses hématies de Vertébrés, était parvenu, à la suite d'injections multiples d'antigène, à faire apparaître dans le sang de *Limulus Polyphemus* une hémolysine des plus actives.

Lorsque j'entrepris, en 1912, quelques expériences sur cette question, le hasard des recherches me fit mettre la main sur un Crustacé décapode marin qui représente, au point de vue du problème des anticorps chez les Invertébrés, un objet d'étude des plus précieux. Il s'agit de l'*Eupagurus Prideauxii*, qui abrite son abdomen dans des coquilles vides de Troques, à la surface desquelles vit fixée une petite actinie, l'*Adamsia palliata*. Cette association de l'*Adamsia* avec l'Eupagure est constante[1]. Le sang de cette espèce présente un certain nombre de propriétés des plus remarquables. Il hémolyse énergiquement les globules rouges de Mammifères; vis-à-vis d'une émulsion à 1/20 d'hématies lavées, son titre hémolytique est de 1/50 pour les globules de lapin, 1/250 pour les globules de mouton. Cette hémolyse, qui se produit en peu de minutes, est précédée par une courte phase d'agglutination et le titre normal du pouvoir agglutinant est de 1/80 pour les globules de lapin. Ce pouvoir agglutinant s'étend sur toute espèce d'antigènes, en particulier les bactéries; les vibrions cholériques, les bactéries du groupe coli-typhique sont immobilisés et agglutinés rapidement; mélangé au sérum de lapin ou de cheval, le sang d'Eupagure y détermine un précipité.

Ces diverses propriétés hémolytique, agglutinante et précipitante, disparaissent par le chauffage à 56-57°. De plus, de même que l'alexine des Vertébrés, l'hémolysine de l'Eupagure se fixe sur certains antigènes et disparaît du liquide qui la tient en solution. C'est ainsi qu'une émulsion diluée de bacilles typhiques l'absorbe énergiquement; les vibrions cholériques, par contre, n'ont, vis-à-vis de cette hémolysine, qu'un très faible pouvoir absorbant. Enfin, ajouté à une émulsion de vibrions cholériques préalablement sensibilisés par un sérum anticholérique inactivé, le sang d'Eupagure détermine la transformation des vibrions en granules de Pfeiffer. Les injections répétées d'antigène exaltent considérablement ces propriétés et leur confèrent un caractère de spécificité qu'elles ne possédaient pas chez l'animal normal. Trois injections à 10 jours de distance de sérum de lapin font monter très haut le titre précipitant pour le sérum de lapin sans l'exalter vis-à-vis du sérum de cheval; trois injections d'hématies de lapin font passer le titre hémolytique de 1/50 à 1/150 et le titre agglutinant de 1/80 à 1/200. Il en est de même du pouvoir agglutinant vis-à-vis des bactéries; une nouvelle injection d'antigène fait momentanément tomber à 0 le pouvoir agglutinant vis-à-vis de la bactérie injectée (*Bacterium coli*) pour

1. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXXXIX, p. 329; 1904.
2. *C. R. Soc. Biologie*, t. LXXIV, p. 109; 1912.
3. *Cbl. f. Bakter.*, Original, t. XXXIII, p. 353 et 382; 1903. *Journal of medical researches*, t. IX, p. 165; 1903.

1. *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXIII, p. 663 et 665; 1912, et t. LXXIV, p. 293; 1913.

donner lieu, quelques jours plus tard, à une exaltation très marquée de ce pouvoir. Bref, cette espèce si intéressante se comporte au point de vue de la production des anticorps très semblablement aux Vertébrés — et présente de plus cette particularité remarquable que la vaccination ne fait qu'exagérer des propriétés préexistantes en leur imprimant, en plus, un cachet marqué de spécificité.

* *

Le dogme de l'inaptitude des Invertébrés à élaborer des anticorps doit par conséquent être abandonné. Mais tous les groupes sont loin de présenter cette aptitude au même degré ; bien des espèces, on l'a vu plus haut, semblent, à ce point de vue, réfractaires, et c'est cela, précisément, qui constitue l'intérêt capital de ce genre de recherches. Si nous nous adressons par exemple au Bernard l'Ermite (*Pagurus Bernardus*), si voisin de l'espèce précédente, nous ne retrouvons plus les mêmes propriétés naturelles [1]. Le sérum du Bernard ne présente, en effet, aucun pouvoir hémolysant sur les globules rouges de mouton, de lapin ou de cheval ; il est incapable de réactiver un système hémolytique inactivé. Il possède néanmoins un pouvoir agglutinant assez énergique sur les globules rouges de Mammifères et précipite légèrement le sérum de cheval. Des injections répétées et suffisamment espacées de globules rouges font apparaître un faible pouvoir hémolytique vis-à-vis des hématies fraîches ; par contre, le sang des individus vaccinés réactive énergiquement des globules rouges sensibilisés, c'est-à-dire qu'il acquiert un pouvoir complémentaire qui ferait penser que ces hémolysines d'Invertébrés, détruites par le chauffage à 57°, rentrent plutôt dans la catégorie des alexines que dans celle des sensibilisatrices, ou plutôt présentent des caractères intermédiaires entre ces deux substances.

Par contre, il m'a toujours été impossible de provoquer la moindre trace d'hémolysine chez un autre crustacé décapode, le *Maia squinado*, dont le sang, normalement très agglutinant pour les hématies de Vertébré, voit ce pouvoir croître fortement à la suite d'injections répétées d'antigène. Il y a là, entre les humeurs de ces diverses espèces, un ou des facteurs différentiels dont la connaissance donnera peut-être la clef du problème général. Les Tuniciers (*Phallusia mamillata*, *Ascidia mentula*) possèdent normalement un sang légèrement précipitant pour le sérum de cheval [2] ; des inoculations répétées exaltent ce pouvoir. Si je n'ai jamais réussi à faire apparaître d'hémolysines chez ces animaux, par contre le pouvoir agglutinant apparaît chez eux sous une forme des plus intéressantes [3]. Chez des Ascidies ayant reçu plusieurs injections successives d'un bacille du groupe du *B. Coli*, le pouvoir agglutinant apparaît non pas dans le sérum, mais bien au contact immédiat de certains amibocytes (*amib. adipophores*) ; les bacilles immobilisés forment de gros paquets agglutinés à l'un des pôles de la cellule, toujours celui situé à l'opposé du noyau ; ces paquets, qui par leur disposition rappellent celle que prend la limaille de fer aux pôles d'un barreau aimanté, sont en tout comparables aux paquets agglutinés que Mouton a vu se former au contact des amibes cultivées en symbiose avec le colibacille [1].

Tous les essais tentés par moi pour produire des anticorps chez les Annélides (*Aphrodite aculeata*) ou les Mollusquss céphalopodes (*Eledone moschata*, *Sepia officinalis*) ont échoué. J'ai été plus heureux avec l'*Helix pomatia*. Des escargots nourris pendant plusieurs mois avec des feuilles de salade saupoudrées de poudre de sang desséché, ou inoculés à plusieurs reprises avec des hématies de lapin, ont fourni un sang fortement agglutinant et légèrement hémolytique [2]. Mais il est nécessaire, pour arriver à ce résultat, de prolonger l'expérience pendant un grand nombre de semaines ; c'est là une notion pratique qu'il ne faut point perdre de vue lorsque l'on poursuit ce genre de recherches. En effet, chez la plupart des Invertébrés étudiés jusqu'ici, la résorption des antigènes semble se faire très lentement ; il n'est pas impossible que ce soit là un des motifs pour lesquels les échecs ont été, jusqu'ici, si nombreux ; les expérimentateurs, suivant en cela la technique qui réussit chez les Vertébrés, ont peut-être la tendance à trop rapprocher leurs inoculations, à ne pas les multiplier suffisamment, à interposer un intervalle de temps trop court entre la dernière injection et la récolte du sang. C'est ainsi que chez l'*Eledone moschata*, 4 semaines après l'inoculation du sang de mammifère, on trouve encore des hématies non résorbées qui circulent librement dans le sang de l'animal.

Les choses semblent se passer différemment chez certains Insectes. A. Paillot [3] inocule à des chenilles d'*Agrotis* (Vers gris) une culture vieille de *Bac. melolonthæ non liquefaciens* et, 24 heures après cette injection vaccinale, une culture jeune du même microorganisme, très virulente pour des chenilles non préparées ; il constate alors une transformation extracellulaire des bacilles en granules, qui commence au bout de 10 minutes et est totale au bout de 5 heures. Vingt-quatre heures ont suffi pour conférer à l'animal une solide immunité active et lui permettre d'élaborer une bactériolysine très active. A côté de ce processus bactériolytique extra-cellulaire, il se produit également une énergique destruction

1. *C.R. Soc. Biol.*, t. LXXXII, p. 1087 ; 1919.
2. *C.R. Soc. Biol.*, t. LXXIV, p. 111 ; 1912.
3. *C.R. Soc. Biol.*, t. LXXXII, p. 1019 ; 1919.

1 Thèse de la Fac. des Sciences de Paris, 1902.
2. *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXIX ; 1917.
3. *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXXIII, p. 278 ; 1920.

des microbes à l'intérieur des amibocytes. Métalnikow[1] a observé un processus analogue chez des larves de *Galleria melonella* qui, après avoir été vaccinées avec une culture vieille de B. de Shiga, reçurent le lendemain une culture très virulente du même bacille, mortelle pour des témoins non vaccinés. L'immunité était déjà acquise et les bacilles subirent très rapidement une transformation granulaire s'accompagnant de lyse en dehors des cellules phagocytaires.

De mon côté, après une seule inoculation d'hématies de mouton à des Courtilières adultes, j'ai pu voir apparaître, en l'espace de trois jours, d'énergiques propriétés agglutinantes, ainsi qu'un léger pouvoir hémolytique dans le sang de ces animaux.

***

De cet ensemble de faits, peu nombreux à la vérité, se dégage néanmoins la notion très nette que la faculté de répondre à la pénétration des antigènes par la production d'anticorps est beaucoup plus répandue chez les Invertébrés qu'on ne le croyait jusqu'à ce jour. Le groupe qui jusqu'ici a fourni le plus de résultats expérimentaux positifs est celui des Arthropodes (Crustacés, Insectes); c'est celui, également, où les anticorps naturels sont le plus abondamment représentés. Pour les autres groupes, sauf celui des Tuniciers, les essais des expérimentateurs ont généralement échoué ; néanmoins, le cas de l'*Helix pomatia* est là pour nous faire voir qu'il n'a peut-être manqué, pour aboutir, que de prolonger les expériences pendant un temps beaucoup plus long.

La propriété agglutinante est celle que l'on peut faire apparaître le plus facilement; de tous les types d'anticorps, l'agglutinine (avec son homologue la précipitine) semble être le plus primitif : elle apparaît déjà dans le groupe des Protozoaires (expérience de Mouton); chez les Crustacés inoculés avec des hématies, de même que chez l'*Helix*, son apparition précède toujours, chronologiquement, celle de l'hémolysine. La réaction agglutinante peut ne pas apparaître dans le plasma, alors qu'elle se manifeste déjà avec intensité au contact des cellules sanguines chez l'animal vacciné.

J'ajoute, en terminant, que jusqu'ici mes recherches ne m'ont pas permis de déceler dans le sang normal des Invertébrés de complément comparable à celui des Vertébrés, c'est-à-dire de substance pouvant réactiver un système hémolytique inactivé. J'ai examiné à ce point de vue des Echinodermes, des Annélides, divers types de Mollusques, des Crustacés, des Tuniciers ; les résultats sont restés négatifs. Je ne fais d'exception que pour le cas de l'*Eupagurus Prideauxii*.

Il n'en reste pas moins certain que, chez la majorité des Invertébrés, l'action humorale semble jusqu'ici jouer dans le mécanisme de la défense de l'organisme contre les infections un rôle tout à fait secondaire comparé à celui de la réaction phagocytaire, surtout lorsqu'il s'agit de l'immunité naturelle. Dans ce dernier cas, la réaction phagocytaire est un processus prédominant, absolument général, qui ne manque à aucun degré de la série des Invertébrés, et l'œuvre géniale de l'illustre biologiste qui a fondé la doctrine moderne de l'inflammation reste, à ce point de vue, absolument intacte. L'infection des Daphnies par la *Monospora bicuspidata*, si complètement étudiée par Metchnikoff[1], en est un exemple saisissant : dans ce cas, la protection de l'organisme est entièrement fonction de la précocité et de l'intensité de la réaction phagocytaire. Dans une infection expérimentale par une bactérie du groupe du Colibacille chez l'*Ascidia mentula*, j'ai pu m'assurer qu'après une phase de multiplication du microbe pathogène dans le sang de l'animal infecté, les bactéries sont englobées en masse par les amibocytes hyalins et rapidement réduites en poussière chromatique dans les vacuoles digestives tassées autour du noyau. Kowalevsky nous a montré de quelle importance étaient pour la défense de l'organisme les organes phagocytaires ou rates si répandus dans la plupart des groupes. Nulle part mieux que chez les Invertébrés se vérifie la conception metchnikovienne qui considère les processus défensifs de l'organisme contre les éléments immigrés comme une modalité des processus généraux de digestion.

Dans l'ensemble du mécanisme de l'immunité naturelle ou acquise, le mécanisme et la genèse des réactions humorales sont restés tout spécialement obscurs. La nature des anticorps, leur origine, le déterminisme de leur apparition, leur spécificité, les liens qui rattachent les réactions humorales aux réactions cellulaires, autant de points aussi troubles qu'ignorés. L'étude des anticorps chez les Invertébrés ne peut manquer de contribuer puissamment à élucider ce problème; les profondes différences que l'on observe au point de vue de l'aptitude à élaborer ces substances chez des espèces souvent très voisines constituent précisément une circonstance très favorable qui permettra peut-être de dégager les facteurs essentiels de la réaction.

N'oublions pas que c'est pour avoir étudié chez les Invertébrés les phénomènes inflammatoires, débarrassés des processus accessoires qui, chez les Vertébrés, viennent compliquer le tableau, que Metchnikoff a pu donner de l'inflammation une interprétation générale et définir sa signification biologique.

Dr J. Cantacuzène,
Professeur de Médecine expérimentale
à la Faculté de Médecine de Bucarest.

1. *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXXIII, p. 667 ; 1920.

1. *Virchows Archiv*, t. XCVI, p. 177. — *Leçons sur la pathologie comparée de l'inflammation* (Masson, 1892).

SUR LA FORCE ÉLASTIQUE DES MUSCLES

Les muscles, surtout ceux à fibres striées, sont des organes qui ont fait l'objet d'une immense quantité de travaux, les uns concernant leur structure, d'autres, et ceux-ci de beaucoup plus nombreux, concernant leurs fonctions. Cela ne peut guère surprendre si l'on tient compte du rôle extrêmement important que ces organes sont appelés à remplir, non seulement dans la vie de l'individu, mais aussi dans celle de la société. A ces merveilleux artisans, on doit en effet, en dernière analyse, tout ce que la main de l'homme a pu réaliser comme travail.

Nous nous proposons de traiter, dans les lignes qui vont suivre, et d'une façon très générale, de la force élastique des muscles. Dans ce but, nous allons examiner d'abord l'organe qui développe cette force et ensuite la part qu'elle prend dans les transformations d'énergie, dont le muscle est le siège, pendant son fonctionnement.

I. — Les organes élastiques des muscles lisses et des muscles striés

La plupart des études faites sur la structure des fibres musculaires lisses et striées ont eu pour objet leur substance contractile proprement dite. Sur les rapports de cette substance avec les tissus élastiques et conjonctifs environnants, il y a relativement peu de travaux. Ainsi on a bien décrit des fibres élastiques dans les muscles lisses (Treitz 1863[1], Flemming 1868[2], Baltzer 1882[3], Drasch 1894[4], Schaffer 1899[5], Smirnow 1899[6], Holmgren 1905[7], Mironesco 1909[8], Trautmann 1909[9], Lieto-Volaro 1909[10], etc.), et dans les muscles striés (Martinotti 1888[11], Ranvier 1880 et 1890[12]). Ce dernier histologiste a poursuivi les fibres élastiques jusqu'à leur insertion sur le sarcolemme. Retterer et Lelièvre (1909)[13] sont allés plus loin et ont décrit un réticulum élastique dans la substance contractile même des fibres striées.

1. Treitz, cité par Martinotti.
2. Flemming : *Arch. f. mikr. Anat.*, 1868, Bd IV.
3. Baltzer : *Arch. de Physiolog. norm. et path.*, 1882, t. X, p. 114.
4. Drasch : *Arch. f. Anat. u. Physiologie* (Anat. Abth.), 1894.
5. Schaffer : *Anat. Anz.*, 1899, Bd. XV, p. 36.
6. Smirnow : *Anat. Anz.*, 1899, Bd. XV, p. 484.
7. Holmgren : *Arch. f. mikr. Anat.*, 1905, Bd. LXV, p. 280.
8. Mironesco : *Berl. Klin. Woch.*, 1895.
9. Trautmann : *Anat. Anz.*, 1909, Bd. XXXIV, p. 113.
10. Lieto-Volaro : *Arch. f. vergleich. Ophtalm.*, 1909, Bd. I.
11. Martinotti : *Anat. Anz.*, 1899, Bd. XVI, p. 201.
12. Ranvier : Leçons d'Anat. génér ; 1880, et *C. R.*, 1890.
13. Retterer et Lelièvre : *Compt. rend. Soc. Biol.*, 1909, t. LXXI.

Mais les travaux de ces auteurs n'ont pas pu préciser les rapports intimes des fibres musculaires, lisses ou striées, avec les éléments élastiques. — Cela s'explique si l'on tient compte de la finesse extrême de ces éléments quand ils arrivent au contact des fibres musculaires, d'où l'impossibilité pour les matières colorantes, employées dans ces diverses recherches, de les mettre en évidence. C'est comme pour les neurones, dont les fins prolongements ont échappé aux histologistes tant qu'ils se sont servis seulement des colorants habituels pour les rendre visibles. Il a fallu la découverte de l'imprégnation par le chromate d'argent (Golgi) et de celle par le nitrate d'argent réduit (Cajal) qui, rendant complètement noires les fibrilles nerveuses les plus minces, leur permettent d'être vues. De même les fibrilles élastiques, si réfractaires à la plupart des matières colorantes employées en histologie, ne deviennent visibles qu'à l'aide de l'imprégnation.

Dans les recherches que nous avons faites, avec MM. Dragoiu et Ghinea[1] sur les muscles lisses et avec M. Dragoiu[2] sur les muscles striés, nous avons employé la méthode de Cajal, c'est-à-dire l'imprégnation par le nitrate d'argent réduit, légèrement modifiée.

1. *Le tissu élastique des muscles lisses.* — Chaque fibre musculaire est entourée d'une enveloppe de fibrilles élastiques, disposées parallèlement à son grand axe, ce dont on peut se rendre bien compte par l'examen des figures 1, 2 et 3. La première représente une section transversale des fibres musculaires lisses et les pointillés noirs autour de chaque fibre sont les sections transversales des fibrilles élastiques de l'enveloppe; la figure 2 représente la section longitudinale des fibres musculaires lisses entre lesquelles on voit les fibrilles élastiques ; la figure 3 représente une coupe oblique d'un faisceau musculaire lisse et l'on voit comment une fibre élastique interfasciculaire émet des fibrilles très fines qui pénètrent parmi les fibres musculaires.

En reconstituant, à l'aide de ces trois coupes, la fibre musculaire lisse, elle nous apparaît entourée d'une enveloppe formée de fibrilles élastiques, disposées en long et se moulant exactement à son corps. Ces enveloppes élastiques s'anastomosent

1. I. Athanasiu, I. Dragoiu et I. Ghinea : *Comptes rend. Soc. Biol.*, 1910, t. LXVIII, p. 67.
2. I. Athanasiu et I. Dragoiu : *Annales de Biologie*, 1911, vol. I, p. 105, et *C. R.*, 1910, t. CLI, p. 551.

entre elles pour former un système élastique intrafasciculaire des plus serré et en continuation directe avec le système interfasciculaire et celui-ci avec le système élastique du tissu conjonctif environnant.

Tous les éléments musculaires et conjonctifs d'un organe à fibres lisses se trouvent donc enfermés dans un vaste réseau élastique, se continuant sans interruption dans l'épaisseur de l'organe.

2. *Le tissu élastique des muscles striés.* — L'imprégnation par le nitrate d'argent réduit montre tout d'abord que le sarcolemme est formé de trois couches : une externe de nature conjonctive, dont les fibrilles proviennent de la dissociation des fibres conjonctives interfasciculaires (fig. 4 M); une moyenne de nature élastique dont les fibrilles s'anastomosent en réseau (fig. 4 E), et une interne d'aspect homogène, en contact immédiat avec la substance contractile et qui est formée d'un mélange de tissu élastique et conjonctif.

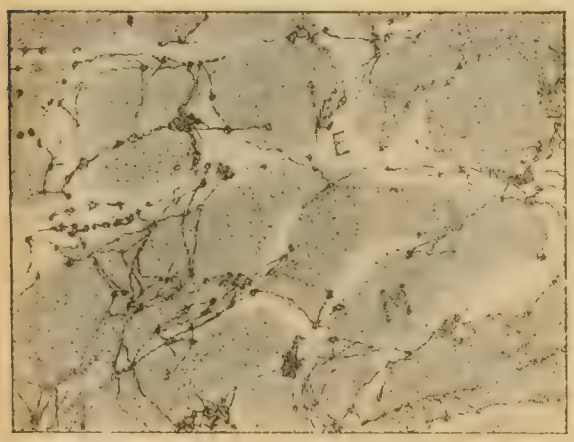


Fig. 4. — M, Fibre musculaire striée. — E, Réseau élastique périfibrillaire.

Mais dans ces fibres on peut aller encore plus loin et voir dans la substance contractile même des grains qui s'imprègnent comme le tissu élastique. Ils occupent les bandes claires en deux rangées, d'un côté et de l'autre de la strie d'Amici (disque mince) (fig. 5).

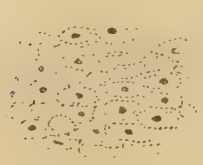


Fig. 1. — *Coupe transversale des fibres musculaires lisses du gros intestin du chien.* — Le pointillé noir représente la section transversale des fibrilles élastiques.

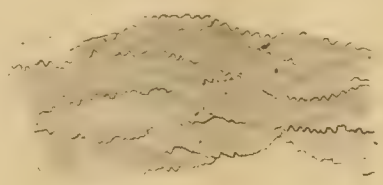


Fig. 2. — *Coupe longitudinale des fibres musculaires lisses de la vessie urinaire du chien.* — Les fibrilles élastiques seules sont représentées.

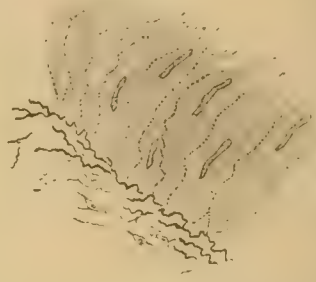


Fig. 3. — *Coupe oblique du faisceau musculaire lisse dans le cardia du cheval.* - D'une grosse fibre élastique interfasciculaire partent de très fines fibrilles pointillées qui pénètrent parmi les fibres lisses.

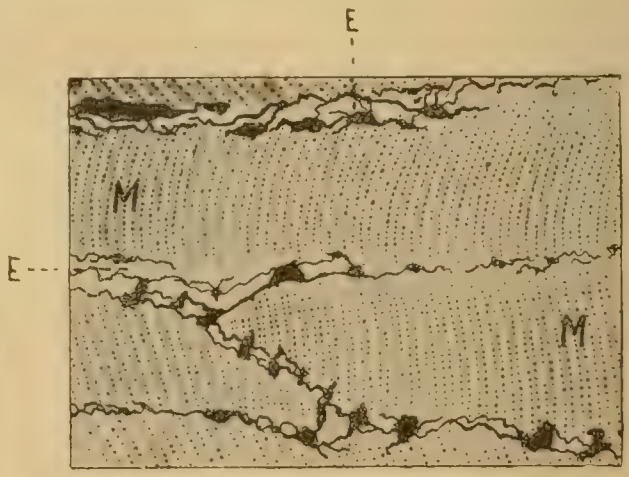


Fig. 5. — M, Fibres musculaires striées avec les grains des bandes claires imprégnés; E, Fibres élastiques et nœuds de leurs anastomoses.

Dans le disque sombre, on voit une seule rangée de grains, beaucoup plus petits, qui s'imprègnent aussi par le nitrate d'argent réduit et qui répondent à la membrane Z, ou strie intermédiaire de Hensen (fig. 6 H). Leur imprégnation coïncide généralement avec celle du tissu conjonctif, ce qui nous fait croire qu'ils contiennent plus de collagène que d'élastine.

Elle sépare les deux couches de bâtonnets dont est formée la substance des disques sombres, ainsi que l'ont démontré Ranvier, le grand maître de l'Histologie moderne, et plus tard Retzius et van Gehuchten. Chacun de ces bâtonnets se trouve alors attaché par un bout à la

membrane Z (strie intermédiaire de Hensen) et par l'autre à un grain élastique, disposition

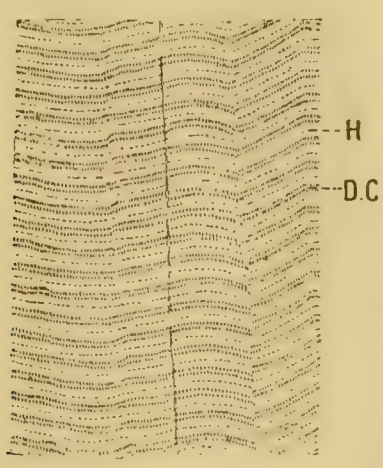


Fig. 6. — *Muscle strié, tendu et excité chez le lapin.* — D C, bande claire dont les grains sont allongés dans le sens du diamètre de la fibre musculaire ; H, strie intermédiaire de Hensen.

que nous représentons sur le schéma de la figure 7.

II. — Preuve expérimentale que les grains de la bande claire sont élastiques

Ranvier a été le premier à reconnaître des propriétés élastiques aux bandes claires de la fibre musculaire striée, en s'appuyant d'une part sur leur agrandissement dans les muscles tendus, et d'autre part sur le fait qu'elles sont monoréfringentes, comme le tissu jaune élastique.

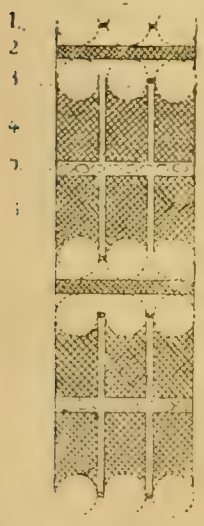


Fig. 7. — *Schéma du muscle strié.* — 1, demi-disque clair ; 2, strie d'Amici ; 3. demi-disque clair ; 4, demi-disque sombre ; 5, strie de Hensen ; 6, demi-disque sombre.

Nous avons cherché si les grains qui rentrent dans la constitution des bandes claires et qui offrent la même affinité pour le nitrate d'argent réduit que le tissu élastique, jouissent de la propriété de ce tissu. Dans ce but nous avons fait l'expérience suivante : trois portions du même muscle strié sont soumises à l'imprégnation dans trois états différents : l'une avec sa longueur naturelle, la deuxième tendue et la troisième contractée. La forme des grains n'est pas la même dans ces trois préparations. Ils sont sphériques dans la première, qui provient du muscle à l'état de repos (fig. 5) ; ils sont allongés dans le sens du grand diamètre de la fibre dans la seconde qui provient du muscle tendu (fig. 6) ; enfin ils sont allongés dans le sens transversal de la fibre musculaire dans la troisième préparation qui provient du muscle fixé à l'état de contraction (fig. 8).

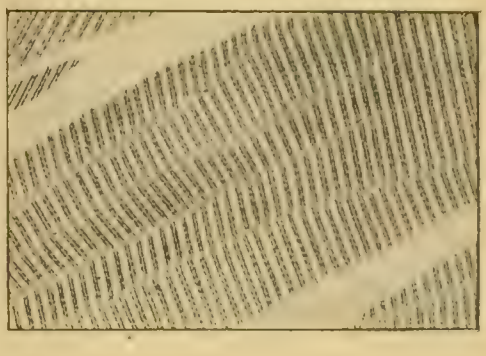


Fig. 8. — *Muscle fixé à l'état de contraction.*

Cette expérience montre que les grains de la bande claire se laissent déformer sous l'influence des forces qui agissent sur eux : tension ou contraction de la fibre musculaire striée. Ils sont donc élastiques.

III. — Rôle des éléments élastiques dans le fonctionnement des fibres musculaires lisses et striées

Les recherches mentionnées plus haut, ayant permis de préciser la disposition des éléments élastiques dans les muscles, nous autorisent à considérer ces éléments comme des ressorts antagonistes de la substance contractile des fibres musculaires. C'est là leur rôle fondamental, ainsi que Ranvier, Retterer et Lelièvre l'ont entrevu.

Dans les muscles lisses, l'enveloppe de chaque fibre se déforme pendant la contraction, et l'énergie élastique emmagasinée ainsi dans cette enveloppe va servir pour ramener la fibre musculaire à sa longueur initiale sitôt la contraction finie.

Le sarcolemme des fibres striées doit remplir le même rôle. Mais le retour de celles-ci à leur position initiale devant se faire beaucoup plus rapidement et plus promptement que pour les fibres lisses, elles avaient besoin d'un ressort autrement puissant, d'où la pénétration des éléments élastiques dans la substance contractile même, formant les bandes claires. Grâce à eux, les bâtonnets du disque sombre, qui prennent la forme globuleuse pendant la contraction, ainsi que l'a démontré Ranvier, sont ramenés vite à leur forme cylindrique.

L'expérience suivante a permis à Ranvier de

surprendre ce changement de forme des disques sombres pendant la contraction : le muscle couturier du lapin était fortement tendu et à l'aide d'un fort courant d'induction mis en état de tétanos. A ce moment on injecte dans sa masse une solution d'acide osmique. Le muscle est ainsi fixé dans l'état d'excitation, mais sans raccourcissement. Sur les préparations obtenues de ce muscle, et figurées par Ranvier, on voit les bâtonnets des disques sombres globuleux, lorsque les bandes claires sont très allongées. Cette expérience a servi de base à sa théorie sur la contraction musculaire, suivant laquelle les disques sombres sont les éléments actifs de la fibre striée, car c'est à leur changement de forme qu'est due la contraction de ces fibres. En devenant sphériques, ils tirent sur les bandes claires qui s'allongent.

Mais la théorie ainsi formulée s'applique seulement au cas du muscle excité et empêché de se raccourcir, ce qui ne représente pas le fonctionnement normal de cet organe. Fixé à l'état de contraction libre, c'est-à-dire avec raccourcissement, on voit, au contraire, les bandes claires diminuées de hauteur, et allongées dans le sens transversal, ainsi que le prouve notre expérience mentionnée plus haut (fig. 8). Donc tous les éléments de la fibre musculaire striée se raccourcissent pendant sa contraction, et alors son mécanisme doit être compris de la façon suivante : les bâtonnets du disque sombre, de cylindriques qu'ils sont à l'état de repos, tendent à devenir sphériques pendant la contraction, sans que leur volume change ; ils compriment alors les grains élastiques de la bande claire, qui s'allongent dans le sens transversal de la fibre musculaire ; à cet allongement contribue aussi le sarcolemme, qui, poussé en dehors par le grossissement des disques sombres, tire sur les bandes claires dans le même sens.

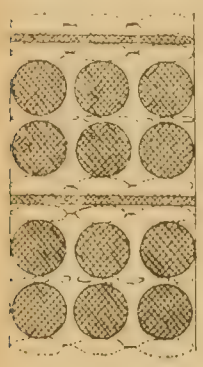


Fig. 9. — *Schéma de la fibre musculaire striée en état de contraction.* — 1, demi-disque clair; 2, strie d'Amici; 3, demi-disque clair; 4, demi-disque sombre; 5, strie de Hensen; 6, demi-disque sombre.

Le schéma ci-dessus (fig. 9) exprime les changements subis par les disques sombres et les bandes claires pendant la contraction.

La force élastique emmagasinée dans les grains de la bande claire ainsi déformée va servir pour allonger les bâtonnets du disque sombre, sitôt la contraction cessée.

Point n'est donc besoin, pour expliquer le mécanisme de la contraction des fibres musculaires striées, de faire intervenir soit l'expulsion du liquide par le disque sombre, ainsi que le croyaient Krause et même Ranvier jusqu'en 1890, soit une absorption du liquide par ce disque, ainsi que le croyait Engelmann. Le jeu des forces : contractile des bâtonnets du disque sombre et élastique des grains de la bande claire, suffit pour comprendre ce mécanisme.

IV. — La force élastique des fibres musculaires lisses et striées et leur travail mécanique

Les expériences mémorables de Marey ont montré combien est utile l'interposition d'un ressort élastique entre le moteur et le poids à déplacer, car l'énergie potentielle emmagasinée dans ce ressort, pendant son allongement, aurait

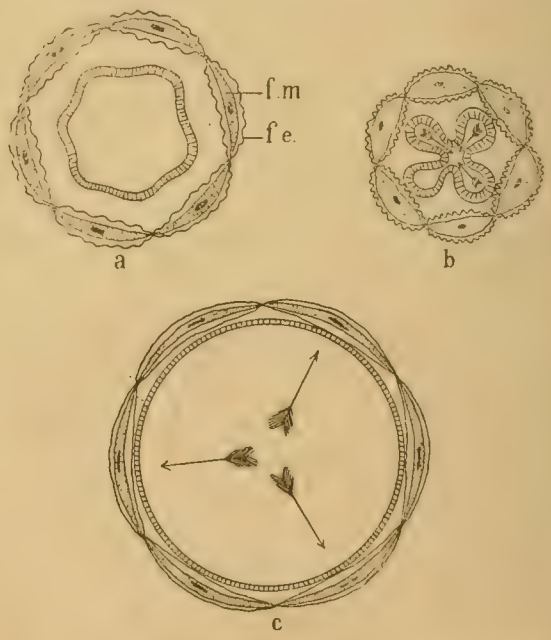


Fig. 10. — *Schéma destiné à montrer le fonctionnement des fibres élastiques et contractiles dans les viscères creux à musculature lisse.* — *a*) repos ; *b*) contraction ; *c*) distension par le contenu du viscère ; *f. m*, fibre musculaire lisse ; *f.e*, fibre élastique de l'enveloppe.

été perdue sous forme de chaleur si la force de traction s'exerçait sans cet intermédiaire. En effet, cette énergie élastique non seulement atténue les chocs dus à l'inertie du corps, au moment de son passage de l'état de repos à celui de mouvement, mais en agissant d'une façon continue sur ce corps elle se convertit en travail mécanique utile et cela augmente le rendement du moteur.

Dans les muscles lisses, l'énergie élastique, emmagasinée dans l'enveloppe de chaque fibre, est dépensée entièrement pour ramener celle-ci

à sa longueur initiale, toutes les fois qu'elle a diminué son diamètre longitudinal par rapport à l'état de repos (fig. 10 *a* et *b*). Mais, si les fibres musculaires lisses sont distendues par le contenu du viscère dont elles font partie (fig. 10, *c*), la force élastique de leur enveloppe va s'ajouter à celle produite par la surface contractile pour mettre en mouvement ce contenu. Elle se convertit donc en travail mécanique utile.

Dans les muscles striés, les bandes claires doivent atténuer les chocs dus au passage des bâtonnets contractiles de la forme cylindrique à la forme globuleuse. Quant à la conversion en travail mécanique de la force potentielle emmagasinée dans les grains de ces bandes, elle ne peut pas se faire, puisque cette force agit pendant l'allongement de la fibre musculaire et non pas pendant son raccourcissement, qui seul peut effectuer du travail mécanique. Il s'ensuit que la force élastique des bandes claires est entièrement dépensée pour ramener les bâtonnets contractiles des disques sombres à leur longueur initiale, sitôt la contraction finie.

V. — La force élastique des fibres musculaires lisses et striées et leur coefficient d'élasticité

Les physiologistes ont constaté depuis longtemps que la force élastique du muscle strié diminue pendant sa contraction, c'est-à-dire que la même charge produit un allongement plus grand sur le muscle contracté que sur celui au repos.

On exprime encore cela en disant que le coefficient d'élasticité du muscle en état de contraction est plus faible que celui de l'état de repos.

Cette diminution du coefficient d'élasticité musculaire pendant l'activité trouve, à notre avis, son explication dans l'énergie potentielle emmagasinée par les grains des bandes claires. — En effet cette énergie, due à leur aplatissement (fig. 8, contraction), est antagoniste à celle développée par les bâtonnets contractiles, et du même sens que la force qui chercherait à allonger le muscle. On comprend alors que, pour un même allongement, il faut une force de traction plus faible pour le muscle contracté que pour celui au repos, puisqu'elle se trouve aidée par la force élastique des bandes claires.

VI. — La force élastique et la chaleur musculaire

Les changements dans la forme des éléments élastiques des muscles ne peuvent pas rester sans influence sur l'évolution de la chaleur qui prend naissance pendant leur activité. On sait en effet que la déformation de certains corps doués d'élasticité s'accompagne d'absorption de chaleur. Tel est le cas du caoutchouc, qui s'échauffe pendant son allongement ou sa compression, ainsi que cela a été démontré par Danilewski[1] et par Chauveau[2].

Le tissu élastique se comporte de la même manière, et nous avons pu nous convaincre de cela en expérimentant sur le ligament jaune cervical du bœuf. Des soudures thermo-électriques (constantan + fer), placées dans ce ligament, accusent toujours un échauffement quand on l'allonge ou quand on le comprime et, dans les deux cas, l'échauffement est proportionnel à la force agissante.

Cette constatation pourrait expliquer, à notre avis, le phénomène trouvé par Hill[3], à savoir que la chaleur qui prend naissance pendant une secousse musculaire a son maximum de dégagement après la fin de celle-ci. Il est probable qu'une partie au moins de cette chaleur provient des grains élastiques des bandes claires, qui, l'ayant absorbée pendant leur aplatissement, la restituent pendant le retour à la forme sphérique, ce qui correspond avec la phase du relâchement du muscle.

I. Athanasiu,
Professeur à la Faculté des Sciences de Bucarest.

1. Danilewski : *Arch. f. d. ges. Physiol.*, Bd. XLV, p. 349.
2. A. Chauveau : *C.R. Acad. d. Sciences*, 1899, t. CXXVIII, p. 388.
3. A. V. Hill : *Journal of Physiology*, 1911, t. XLII, p. 1.

L'INTERPRÉTATION DES TRANSFORMATIONS DE L'ÉNERGIE DANS LE TRAVAIL MUSCULAIRE

Le principe de conservation de l'énergie, établi par R. Mayer, peut être vérifié dans tous les phénomènes physiques connus jusqu'à présent. Les faits remarquables, observés en étudiant les corps radioactifs, ne sont pas en contradiction avec le principe de conservation, si nous considérons la matière comme énergie condensée. Sans cette hypothèse, les deux principes sur lesquels sont fondées les sciences physiques, c'est-à-dire le principe de conservation de l'énergie et le principe de conservation de la matière, sont sans valeur.

Quant aux phénomènes vitaux, avec les connaissances acquises jusqu'à nos jours, on peut affirmer que le principe de conservation de l'énergie s'applique à eux aussi bien qu'aux phénomènes physiques. Les phénomènes vitaux consistent dans des transformations d'énergie, et toujours la quantité d'énergie mise en jeu est équivalente à la quantité éliminée. Nous connaissons dans les deux règnes—végétal et animal — les formes initiales et finales de l'énergie. Dans le règne végétal, l'énergie pénètre sous forme de lumière et de chaleur, et nous la trouvons fixée, en grande partie, sous forme d'énergie chimique. Dans le règne animal, c'est la forme chimique qui est initiale, et les formes finales essentielles sont la chaleur et le travail mécanique.

Pour arriver à la forme finale, l'énergie introduite se transforme d'abord en d'autres formes, sur lesquelles nous n'avons pas de données précises, comme d'ailleurs nous ne connaissons pas avec précision les termes intermédiaires du métabolisme matériel. Il est bien possible que les formes intermédiaires d'énergie soient parmi celles que nous observons dans le monde physique, mais il n'est point impossible qu'elles soient d'une autre nature. Ces formes, du moment qu'elles dérivent des formes connues et se transforment en formes connues et par voie d'équivalence, ne pourraient pas nous causer de surprises plus grandes que la découverte de l'énergie électrique. C'est ainsi que doivent être compris le travail physiologique, introduit en Bioénergétique par Chauveau, et l'énergie spirituelle, admise par Ostwald comme dérivant de l'énergie chimique et se transformant en chaleur.

***

En ce qui concerne l'activité musculaire, on a cherché à préciser la nature des formes intermédiaires entre la forme initiale chimique contenue dans les aliments utilisés par le muscle et le travail accompli par celui-ci.

Des nombreuses recherches faites dans cette direction, spécialement par Chauveau, il résulte que le muscle utilise l'énergie contenue dans le glucose et que l'énergie chimique de cette substance est équivalente à celle éliminée par le muscle sous forme de chaleur et de travail mécanique. Toujours la production de travail est accompagnée de dégagement de chaleur, et dans les meilleures conditions de travail, tout au plus 1/5 de l'énergie utilisée se transforme en travail mécanique. Le reste se dégage sous forme de chaleur. Puisque la transformation de l'énergie calorique en énergie mécanique est parmi les premières et les mieux connues des transformations, il était naturel de supposer que, même dans le cas de l'activité musculaire, l'énergie chimique se transforme d'abord en chaleur, puis la chaleur en travail mécanique. Mais une telle transformation est impossible, parce que, en admettant qu'elle ait lieu, même dans les conditions où la machine animale travaillerait comme une machine thermique idéale, nous trouvons, entre les limites extrêmes de température compatibles avec la vie, un rendement sensiblement plus petit que celui qui résulte des expériences. En vérité, en remplaçant T_1 et T_2, dans la formule qui donne la valeur du rendement dans une machine thermique qui travaille d'après le cycle de Carnot, par $273 + 45$ (45° exagéré) et par $273 + 37$, nous trouvons :

$$\frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{318 - 310}{318} = \frac{1}{40}.$$

Cependant, ce fait est encore assez peu connu. En effet, voici ce que nous trouvons dans une brochure de A. Stein : *Die Lehre von der Energie* (Collection : *Aus Natur und Geisteswelt*) :

« Jeder Arbeitsleistung unseres Körpers entspricht eine äquivalente Wärmemenge aus der sie entsteht. Jede Arbeit von 427 m. kg. lässt in unserem Körper eine Kilogram-Kalorie verschwinden. Wenn man die ausgeatmete Kohlensäure auffängt, so kann man daraus auch die Menge des verbrannten Kohlenstoffs und einen Zusammenhang zwischen Brennmaterial und mechanische Arbeit feststellen wie bei der Dampfmaschine. Dem Körper strömt forwährend Energie in Gestalt von Nahrung und Sauerstoff zu, aus

denen er einen Teil der Energie durch Verbrennungswärme gewinnt, die er in Arbeitsleistung umsetzt. So steht also auch unser Körper und mit ihm die bielebte Welt der Organismen unter dem Energiegesetz. »

Dans le *Traité de Physique* d'Albert Turpain, nous trouvons la même conception (page 478) : « Quand l'animal se meut ou effectue du travail, une partie de la chaleur produite par les réactions chimiques est employée à effectuer ce travail. On a mesuré que, par gramme d'oxygène absorbé, la quantité de chaleur animale produite est moindre pendant le mouvement que pendant le repos (expériences de Hirn). La différence représente l'énergie mécanique dépensée. L'observation journalière que la température du corps s'élève par le travail musculaire (course, exercice violent) ne contredit pas ces expériences. On observe, en effet, que lors du mouvement la respiration est très activée. La quantité d'oxygène absorbé et mesuré est dès lors beaucoup plus grande et suffit à l'accroissement de température du corps, alors même qu'une partie de l'énergie chimique est employée à du travail extérieur. »

La série des transformations : Energie chimique → énergie électrique → énergie mécanique, admise par D'Arsonval, ne peut non plus être acceptée, parce qu'on peut lui faire de sérieuses objections.

Chauveau admet que l'énergie chimique, mise en liberté par la combustion du glucose, crée et entretient dans le muscle une force élastique, qui peut être exprimée par la formule :

$$F = \left(p = \frac{m \cdot v}{\Theta}\right)\left(1 + \frac{l}{2h}\right)$$

et que cette force élastique se transforme intégralement en chaleur dans le cas du travail statique, en chaleur et en énergie mécanique dans le cas du travail dynamique. D'après les résultats obtenus en étudiant l'élasticité musculaire, il semble que cette hypothèse soit pleinement confirmée. Mais par quel mécanisme l'énergie chimique se transforme-t-elle en cette nouvelle forme d'énergie, la force élastique ?

***

Les faits établis par Chauveau, concernant la physiologie du muscle, permettent d'interpréter les transformations de l'énergie qui se passent en lui, d'une manière qui ne contredit point les faits expérimentaux et qui est d'accord avec les connaissances que nous possédons sur les transformations énergétiques extravitales. Chauveau a constaté que le muscle en activité reçoit plus de glucose et d'oxygène qu'à l'état de repos et qu'il dégage une quantité plus grande de CO^2.

Le processus chimique qui a lieu dans le muscle est, d'après Chauveau, un processus d'oxydation :

$$C^6H^{12}O^6 + 6O^2 = 6CO^2 + 6H^2O.$$

Or par le fait même de cette réaction a lieu un dégagement de travail : c'est le travail qui correspond à la diminution de concentration du glucose dans le milieu où il se trouve dissous. Pour mieux le comprendre, supposons un cylindre creux à parois semi-perméables et élastiques, plein d'une solution de glucose dans laquelle se trouve dissous aussi de l'oxygène et dans laquelle, grâce à la présence d'une oxydase, une partie du glucose est brûlée conformément à l'équation ci-dessus indiquée.

Par cette transformation chimique, la concentration moléculaire du liquide de l'intérieur du cylindre diminue et l'abaissement est proportionnel à la quantité de glucose brûlé. L'acide carbonique dégagé n'influence pas du tout cette variation de concentration, parce que, pour chaque molécule de ce corps qui se dégage, une molécule d'oxygène se consomme.

Si le cylindre est plongé dans de l'eau ou dans une solution d'une concentration moléculaire moindre que celle du liquide contenu en lui, de l'eau pénétrera dans l'intérieur du cylindre et, parce que nous avons supposé ce cylindre ayant des parois élastiques, sa forme se modifiera, ayant tendance à prendre le volume qui correspond au maximum, c'est-à-dire la forme sphérique.

Cette hypothèse concorde avec les faits d'ordre histologique que nous connaissons, en ce qui concerne le muscle en état d'activité et de repos. A cet égard, je cite ces quelques lignes d'un travail de MM. Athanasiu et Dragoiu [1] :

« Les éléments actifs de la substance contractile striée sont les disques sombres, ainsi que Ranvier l'a très bien démontré.

« Pendant la contraction, ces disques diminuent de hauteur et augmentent en épaisseur ; les bâtonnets qui rentrent dans la constitution de ces disques ont une tendance vers la forme sphérique.

« La somme de toutes ces modifications élémentaires des disques sombres se traduit par le raccourcissement de la fibre musculaire tout entière et son gonflement transversal. Mais nous avons vu que les disques clairs sont déformés aussi pendant la contraction : ils sont tendus dans le

1. I. Athanasiu et I. Dragoiu : Association des éléments conjonctifs, élastiques et contractiles dans les muscles lisses et striés des Mammifères. *Annales de Biologie*, 1911, vol. 1, fasc. 2.

sens transversal, ce qu'on juge d'après l'aplatissement de leurs grains élastiques. Le schéma suivant fera mieux comprendre les modifications subies par les disques sombres et clairs dans la fibre striée en état de contraction. »

Dans cette figure (fig. 9, p. 360), qui représente schématiquement les modifications de forme que subit la fibre musculaire étirée pendant qu'elle se contracte, telles qu'on peut les observer à l'aide du microscope, nous voyons que les disques sombres augmentent leur volume pendant que celui des disques clairs diminue.

N'avons-nous pas le droit de voir, dans ces modifications simultanées de forme, aussi un échange matériel entre les deux espèces de disques ?

Il est tout naturel, je pense, de supposer que c'est aux dépens de l'eau des disques clairs que les disques sombres augmentent leur volume, comme conséquence de l'abaissement de pression osmotique, causé lui-même par la combustion du glucose.

Maintenant il faut voir si le travail mis en liberté par ce processus chimique est en état de compenser la valeur de n'importe quel travail et d'expliquer en même temps la variabilité assez étendue du rendement de la machine animale.

Les recherches de Pfeffer nous font savoir que les corps cristalloïdes non électrolytes en solution se comportent exactement comme les gaz, c'est-à-dire qu'on peut leur appliquer la formule des gaz parfaits : $P.V = R.T$.

Pour une distension du gaz de V à $V+dV$ (dV étant infiniment petit), la pression baisse de P à $P-dP$.

Cette distension met en liberté le travail $d\mathfrak{T} = P.dV$, et parce que $P.V = R.T$, $d\mathfrak{T} = \frac{R.T dV}{V}$.

En intégrant entre V_1 et V_2, on a :

$$\int d\mathfrak{T} = \int_{V_1}^{V_2} \frac{R.T.dV}{V} = R.T \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = R.T \ln \frac{V_2}{V}$$

et parce que

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2}, \text{ on a : } \mathfrak{T} = R.T. \ln \frac{P_1}{P_2}.$$

Ceci est le travail mis en liberté par la distension d'une molécule de gaz du volume V_1 au volume V_2, ou celui d'une molécule de cristalloïde non électrolyte en solution quand la concentration baisse de P_1 à P_2 (en supposant la transformation isothermique).

Pour m molécules, le travail sera :

$\mathfrak{T} = m.R.T \ln \frac{P_1}{P_2}$, c'est-à-dire m fois plus grand.

Si compliquée que soit la réaction chimique qui se passe dans l'organisme, le travail accompli par elle peut être calculée à l'aide de l'équation de Van t'Hoff. Considérons la transformation du glucose et prenons un exemple numérique. Soit 100 gr. la quantité de glucose mise en jeu. La formule du travail devient :

$$\mathfrak{T} = \frac{100}{180} \times 0{,}848 \times (273-37) \times \ln \frac{100}{P_2},$$

dans laquelle 180 est le poids moléculaire du glucose, 0,848 la valeur de la constante R des gaz exprimée en kilogrammètres, et 273+37 est la température 37° C. exprimée en degrés absolus. En effectuant les calculs, on obtient :

$$\mathfrak{T} = 146{,}1 \times \ln \frac{100}{P_2}$$

et parce que $\frac{1}{\log. e} = \ln 10 = 2{,}3026$

$$\mathfrak{T} = 146{,}1 \times 2{,}3026 \times \log. \frac{100}{P_2}.$$

Suivons la variation de $\mathfrak{T}$ en fonction de P_2 (P_2 est la concentration de la solution en glucose ou la quantité de glucose non brûlé) :

Glucose brûlé		Energie qu'il contient		P_2	Travail mis en liberté	
90	gr	141.916,788	kgm	10	336,40986	kgm
99	»	156.108,467	»	1	2×336,40986	»
99,9	»	157.527,635	»	0 1	3×336,40986	»
99,99	»	157.669,551	»	0,01	4×336,40986	»
99,999	»	157.683,743	»	0,001	5×336,40986	»
—		—		—	—	
—		—		—	—	
100		157.685,32		0	∞	

Par ce tableau, on voit que le travail mis en liberté varie en rapport inverse avec P_2 et qu'il augmente avec la quantité de glucose brûlé, mais bien plus vite que celle-ci.

Pour $P_2=0$, c'est-à-dire quand la quantité de glucose entrée en jeu (100 gr.) a été brûlée, le travail est d'une grandeur infinie. Donc, pour une variation dans la quantité de glucose de 0 à 100, le travail développé peut augmenter de 0 à ∞.

Mais la valeur maxima de $\mathfrak{T}$ est bien entendu limitée par la quantité d'énergie totale contenue dans les 100 gr. de glucose, c'est-à-dire de $100 \times 3{,}692 \times 427{,}1 = 157.685{,}32$ kgm (3,692 est le nombre de calories qui résulte de la combustion d'un gramme de glucose et 427,1 est l'équivalent mécanique de la calorie). Cette quantité de travail est mise en liberté quand la concentration baisse de 100 à 182×10^{-469}.

Si la réaction se passait dans l'organisme telle qu'on l'a supposée et si le rapport entre la concentration du commencement et de la fin de la réaction égalait la valeur $5{,}495 \times 10^{468}$, la machine animale serait l'unique et le plus parfait dispositif pour la transformation d'une forme d'énergie en une autre.

Cependant, en réalité, de la quantité totale d'énergie contenue dans le substratum chimique mis à la disposition du muscle, seule une fraction dépendant de différentes conditions se transforme en travail, tandis que le reste, pour la plus grande partie, se transforme en chaleur. Pour le rendement maximum de 1/5 résultant des expériences faites sur l'homme par Atwater, la valeur de la concentration finale serait 178×10^{-98}. Si aucune autre complication ultérieure n'intervenait pour le glucose, on devrait trouver dans le sang veineux d'un muscle qui travaille avec ce rendement une quantité de glucose qui devrait être $5{,}598 \times 10^{91}$ fois plus petite que la quantité de glucose déjà reçue.

Nous pourrions alors déterminer le rapport de la concentration du glucose entre le sang veineux et le sang artériel, pour un muscle dont le rendement est connu, et réciproquement nous pourrions calculer le rendement, connaissant le rapport des concentrations, bien entendu en supposant que le muscle ne consume rien de sa réserve de glycogène. Le travail mis en liberté par cette réaction chimique peut compenser par conséquent, dans les limites de l'énergie connue dans le glucose, n'importe quel travail musculaire, et la variabilité du rapport des concentrations — avant et après la réaction — peut nous expliquer la variation du rendement.

* * *

Ainsi de l'énergie totale contenue dans le glucose, une partie, déterminée par la valeur du rapport entre les concentrations initiale et finale, se transforme en travail mécanique et le reste se dégage sous forme de chaleur. Ces deux portions varient en rapport inverse l'une de l'autre, mais leur somme reste toujours égale à la quantité d'énergie totale contenue dans le glucose brûlé.

Il semble que ce fait est en contradiction avec ce qui se passe en réalité, car l'expérience nous montre que la quantité de chaleur dégagée augmente avec le travail accompli. Mais il est probable que les limites de variabilité ne sont pas suffisamment écartées, pour rendre évidente cette relation entre les deux portions de l'énergie.

D'ailleurs nous comprenons le but de la variabilité du rapport de ces deux portions d'énergie quand nous connaissons la variabilité si grande des besoins de l'organisme. Le système nerveux pourrait les satisfaire dans tous les cas par cette voie. Cette variabilité pourrait nous expliquer aussi la susceptibilité de perfectionnement de la machine animale quant à l'effet utile (rendement), par la gymnastique fonctionnelle. Le glucose non brûlé se fixe dans le muscle comme glycogène, constituant là un dépôt d'énergie chimique. Ce dépôt peut satisfaire à la fois les besoins du travail musculaire et les nécessités caloriques de l'organisme par la combustion du glucose provenant du glycogène. Dans le cas ou le glycogène serait brûlé directement, c'est-à-dire sans être transformé en glucose, l'énergie chimique se transformerait complètement en chaleur, parce que l'action du glycogène au point de vue osmotique est sans effet. Quand le processus chimique aurait plus d'intensité, c'est-à-dire quand la quantité de glucose brûlé serait plus grande, les deux portions de l'énergie disponible augmenteraient à la fois.

D'ailleurs, il semble que l'expérience confirme cette manière de voir, car toujours lorsque le travail augmente, la chaleur augmente aussi. Si les faits se passent de cette manière, la chaleur ne peut plus être considérée dans l'organisme comme un excretum qui fut adapté ultérieurement au but qu'elle remplit maintenant dans cet organisme. Elle serait destinée depuis le commencement à accomplir une fonction bien déterminée et aussi importante que la fonction musculaire.

L'attribut d'excretum resterait justifié seulement pour la chaleur résultant inévitablement de tout travail stérile au point de vue mécanique.

D'ailleurs, la théorie de la chaleur excretum n'est pas admise par tous les physiologistes. Le Professeur Athanasiu, de Bucarest, soutient que de l'énergie chimique contenue dans le glucose sortent d'emblée toutes les formes d'énergie observées dans l'organisme. La chaleur aussi, d'après lui, contrairement à la théorie de Chauveau, résulte du même dépôt d'énergie potentielle (chimique), sans passer par l'étape intermédiaire de travail physiologique. D'après ce savant, cette forme intermédiaire d'énergie, appelée travail physiologique, n'est ni nécessaire ni logique, et par conséquent la chaleur ne mérite pas toujours le qualificatif d'excretum. C'est cette différence entre les deux manières de voir, celle de Chauveau et celle de M. le Professeur Athanasiu, qui fut le point de départ de l'interprétation ci-dessus.

Dans ce qui précède nous avons admis que le glucose est brûlé conformément à l'équation :

$$C^6H^{12}O^6 + 6O^2 = 6CO^2 + 6H^2O.$$

Mais beaucoup de faits montrent que l'oxydation de cette substance est précédée de dédoublements. Parmi les termes de la transformation : glucose $\longrightarrow$ aldéhyde glycérique $\longrightarrow$ acide

Schéma des transformations de l'énergie dans le muscle

$m.C^6H^{12}O^6 + 6mO^2$
$m \times 180 \times 3{,}692 \times 427{,}1$
$= \text{Kgm.}$
$E =$ énergie potentielle (chimique)

$6nCO^2 + 6nH^2O$

$$m.R.T.\ln \frac{m}{m-n} = m \times 0{,}848 \times T \times \ln \frac{m}{m-n} \text{ kgm.} = \mathfrak{T} = \text{énergie mécanique}$$

$$\left(n \times 180 \times 3{,}692 \times 427{,}1 - m \times 0{,}848 \times T \times \ln \frac{m}{m-n}\right) \text{kgm.} = C = \text{énergie calorique}$$

$$(m-n)C^6H^{12}O^6 = (m-n)180 \times 3{,}692 \times 427{,}1. \text{ kgm.} = \mathcal{E} = \text{énergie chimique}$$

où

$$E = \mathfrak{T} + C + \mathcal{E}$$

R est la constante des gaz = 0,848 kgm.; T est la température absolue; ln est le logarithme naturel; 180 est le poids moléculaire du glucose; 3,692 est le nombre de calories donné par 1 gr. de glucose; 427,1 est l'équivalent mécanique d'une calorie.

lactique —> acide pyruvique —> aldéhyde acétique —> acide acétique, seul l'acide lactique est établi d'une façon certaine :

Par conséquent il est très probable qu'il est l'aliment directement utilisé par le muscle. Mais par ce fait notre hypothèse ne change en rien parce que l'équation :

$$C^3H^6O^3 + 3O^2 = 3CO^2 + 3H^2O,$$

au point de vue de changements énergétiques, est identique à l'équation :

$$C^6H^{12}O^6 + 6O^2 = 6CO^2 + 6H^2O.$$

R. Vladesco,
Médecin-Vétérinaire, Licencié ès Sciences,
Préparateur à l'École vétérinaire de Bucarest.

RECHERCHES SUR LA MORPHOLOGIE ET LA BIOLOGIE DU TISSU NÉVROGLIQUE

La nouvelle méthode de Cajal[1] pour l'imprégnation de la névroglie à l'aide d'un mélange de sublimé et de chlorure d'or, appliquée aux coupes du cerveau obtenues par la congélation, constitue un progrès réel dans l'analyse de la structure fine de la névroglie normale et pathologique et ouvre de nouveaux horizons à la biologie de ce tissu de soutènement, qui certainement possède d'autres fonctions que celles que les classiques lui avaient attribuées.

Immédiatement après avoir pris connaissance de la technique préconisée par Cajal et de ses recherches, nous l'avons appliquée à l'étude des modifications de la névroglie dans la paralysie générale et la démence angio-sclérotique[2]. Nous reprenons nos études interrompues par la guerre et nous exposons dans ce travail un court aperçu de nos observations. Déjà les investigations de Ramon y Cajal[1] et de ses élèves Achucarro et M. Gayarre[2], del Rio-Hortega[3], ont imprimé à l'étude de la névroglie normale et pathologique des progrès considérables. Nous sommes heureux d'apporter une confirmation de leurs

1. Cajal : Sobre un nuevo proceder de impregnación de la neuroglia. *Trab. del Lab. de Inv. Biol.*, t. XI, 1913.

2. Marinesco et Minea : Lésions de la névroglie corticale dans un cas d'angio-sclérose avec démence. *Comp. rend. Soc. Biol.*, t. LXXIX ; 1916. — Voir aussi Marinesco et Minea : La névroglie de l'écorce cérébrale à l'état normal et dans la paralysie générale. *C. R. Soc. Biologie*, février 1915.

1. Cajal : Contribución al conocimiento de la neuroglia del cerebro humano. *Trab. del Lab. de Inv. Biol.*, t. XI, 1913.

2. N. Achucarro et M. Gayarre : La corteza cerebral en la demencia paralitica con el nuovo metodo del oro y sublimado de Cajal. *Trab. del Lab. de Inv. Biol.*, t. XII, 1er fasc., 1914.

3. P. del Rio-Hortega : *a*) Contribution à l'étude de l'histopathologie de la névroglie, ses variations dans le ramollissement cérébral. *b*) Alteraciones de la neuroglia en la intoxicación por pilocarpina. *Revista de Ciencias biologicas*, août 1917.

recherches et d'y ajouter quelques faits nouveaux qui méritent d'être signalés.

La méthode de Cajal met en évidence avec une clarté saisissante la forme des cellules névrogliques protoplasmiques du cerveau et leur structure. C'est ainsi que dans le corps des grosses cellules on constate un spongioplasma à la périphérie duquel se trouve une couche d'exoplasma. Le spongioplasma est constitué par une trame

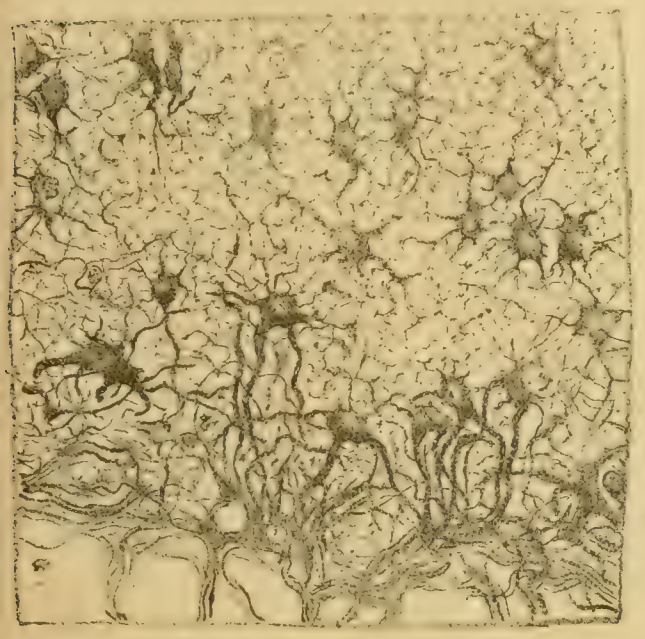


Fig. 1. — *Foyer de ramollissement cortical situé au-dessous de la première couche.* — Cette dernière est constituée par des cellules petites et à prolongements courts, desquels se détachent des expansions plus fines qui constituent en apparence un réseau à mailles polygonales. A la partie profonde de la première couche, on constate des cellules nettement polarisées. Du pôle supérieur se détachent des expansions fines qui, à leur tour, se ramifient pour se résoudre dans le réseau dont nous venons de parler, tandis que la partie inférieure donne naissance à des prolongements épais, qui se réunissent parfois en faisceaux et qui, arrivés au bord du foyer, changent de direction et y pénètrent.

alvéolaire délicate ; dans les alvéoles se trouvent les gliosomes invisibles dans ces préparations. Cette structure alvéolaire existe aussi dans les prolongements. Puis la méthode de Cajal permet de suivre le trajet des ramifications secondaires et tertiaires. On constate ainsi l'amincissement progressif des dendrites névrogliques. Comme Cajal, nous avons constaté des astrocytes jumelles formant des groupes, que Cajal désigne du nom de groupes isogéniques. De plus, la méthode de Cajal nous autorise à admettre, avec cet auteur, que, contrairement aux affirmations de Hardesty, Held, Fieaudt, etc., il n'y a pas d'anastomose entre les ramilles des cellules voisines et qu'il n'existe pas un réseau interstitiel diffus, ou bien un syncytium, mais qu'il s'agit d'un plexus névroglique diffus. Les prolongements des cellules névrogliques de la substance blanche n'offrent pas non plus des anastomoses. La méthode de Cajal met ensuite en relief les relations intimes qui existent entre les cellules nerveuses et les cellules névrogliques satellites et le rapport de ces dernières avec les vaisseaux.

Il n'existe pas dans la substance grise ni dans la substance blanche un véritable réseau névroglique continu. Les derniers prolongements des cellules névrogliques ne s'anastomosent pas entre eux pour former un réseau. Il s'agit de savoir si un pareil réseau peut exister à l'état pathologique, car les différents processus morbides d'ordre inflammatoire réalisent un véritable remaniement de la névroglie, et les prolongements des cellules de la nouvelle formation donnent naissance à différentes formations d'apparence réticulaire où l'on distingue des mailles polygonales régulières, ou bien des travées disposées d'une manière irrégulière. Parfois, comme cela s'observe dans la figure 1, on aurait plutôt l'impression qu'il s'agit là d'un véritable réseau, mais dans la plupart des cas, et même ici, on ne peut pas se défendre d'un certain scepticisme ; cependant, il s'agit certainement le plus souvent d'un pseudo-réseau.

Il sera difficile d'exposer d'une manière détaillée les modifications de la névroglie dans les différents états pathologiques ; nous nous contenterons de décrire les réactions élémentaires de ce tissu dans les inflammations et les processus dégénératifs, dans les foyers de ramollissement et les hémorragies.

I. — Hypertrophie

Dans les différents états pathologiques et surtout dans les inflammations, on observe une augmentation de volume, plus ou moins considérable, des cellules névrogliques. L'hypertrophie peut intéresser aussi bien le corps cellulaire que ses prolongements et même n'affecter que partiellement la cellule ou bien quelques-uns de ses prolongements. Une modification fréquente, c'est l'hypertrophie du corps cellulaire, tandis que les prolongements paraissent amincis par rapport au volume considérable de la cellule.

L'hypertrophie est une réaction d'ordre général de la névroglie ; aussi elle peut intéresser les cellules fibreuses comme les cellules protoplasmiques, mais ce sont surtout les premières qui offrent ce phénomène. Au changement de volume cellulaire correspondent des modifications intimes du cytoplasma, de sorte que l'hypertrophie

marche de pair avec un changement physico-chimique du cytoplasma, surtout dans le cas de transformation de cellule protoplasmique en cellule fibreuse. On ne distingue plus une couche exoplasmique ou endoplasmique ; les mailles intra-cellulaires sont plus étroites, les granulations plus fines et plus nombreuses, les prolongements sont diminués de nombre, mais leur diamètre a augmenté et ils prennent un aspect granuleux comme cela s'observe, souvent, dans la paralysie générale, surtout dans les cellules périvasculaires. A la périphérie des foyers de ramollissement de l'écorce, et même à leur intérieur, on rencontre une hypertrophie vraiment considérable des cellules névrogliques, en même temps qu'il y a aussi un changement de forme dont nous allons bientôt parler. L'hypertrophie existe aussi bien pour les cellules de la première couche que pour celles des couches profondes, comme aussi pour les cellules de la substance blanche. Les cellules de la première couche, situées au voisinage des foyers de ramollissement, atteignent un diamètre de $34\mu \times 22\mu$. L'hypertrophie des cellules névrogliques peut exister également autour des foyers de ramollissement microscopiques, qui ne sont pas rares dans l'écorce des sujets qui offrent des foyers macroscopiques. L'hypertrophie la plus considérable que nous ayons rencontrée a été dans les foyers de ramollissement, dans la paralysie générale et dans certaines méningo-encéphalites (typhus exanthématique, méningite suppurée, etc.).

L'hypertrophie des cellules névrogliques est un phénomène qui peut se produire très vite, comme le prouvent nos recherches sur la culture du tissu névroglique *in vitro*, et les inflammations du système nerveux central : myélite, encéphalite léthargique, etc. Elle peut encore être constatée dans les processus toxiques. C'est ainsi que Hortega a noté l'hypertrophie dans l'intoxication par la pilocarpine, de même dans la psychose de Korsakow. Enfin, nous avons vu une hypertrophie considérable autour des plaques dites séniles qui ont été vues pour la première fois par Blocq et par moi, quoique certains auteurs continuent à tort à les appeler plaques d'Ehrlich.

II. — Cytolyse, clasmatodendrose et transformation amiboïde

Dans les processus aigus et subaigus des lésions corticales et des noyaux de la base du cerveau, on rencontre certaines modifications de la névroglie qui sont sous la dépendance des changements de l'équilibre osmotique de la cellule, qui ont pour conséquences le gonflement du corps de la cellule, de ses prolongements, la fragmentation de ces derniers (fig. 2) et ensuite

Fig. 2. — *Deux cellules névrogliques et clasmatodendrose dans la substance grise d'un cas de paralysie générale.* — Au voisinage des cellules, on voit beaucoup de corpuscules de remplissage.

un changement dans la forme de la cellule (fig. 3) que Alzheimer a comparé à des amibes, d'où le nom de transformation amiboïde.

Le premier degré de la lésion consiste dans la présence de renflements moniliformes sur le trajet des prolongements des cellules névrogliques et l'affinité plus grande de ces renflements

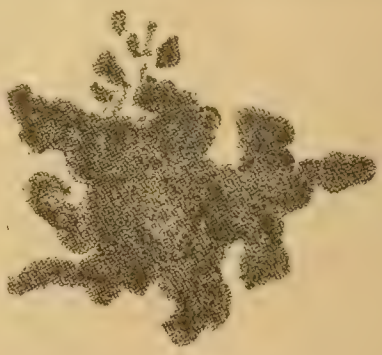


Fig. 3. — *Cellule amiboïde dans un cas de ramollissement du cerveau.*

pour l'or. Aussi, les prolongements donnent-ils plus ou moins l'impression d'un chapelet (fig. 4). Puis, la portion intermédiaire entre les renflements devient de plus en plus ténue, se dissout, et il en résulte une série de granules et de granulations colorées qui indique encore le trajet des anciens prolongements protoplasmiques. Ce processus, qui existe non seulement dans les prolongements primaires, mais aussi secondaires et tertiaires des cellules protoplasmiques, paraît débuter dans les extrémités terminales des prolongements et laisse plus ou moins intacts les

prolongements primaires. Les pieds vasculaires, n'ayant plus de connexions avec les cellules, peuvent persister encore quelque temps. A la place des prolongements désintégrés, on voit que le corps de la cellule névroglique et certains de ses prolongements primaires sont plongés dans une atmosphère de granulations fortement teintées

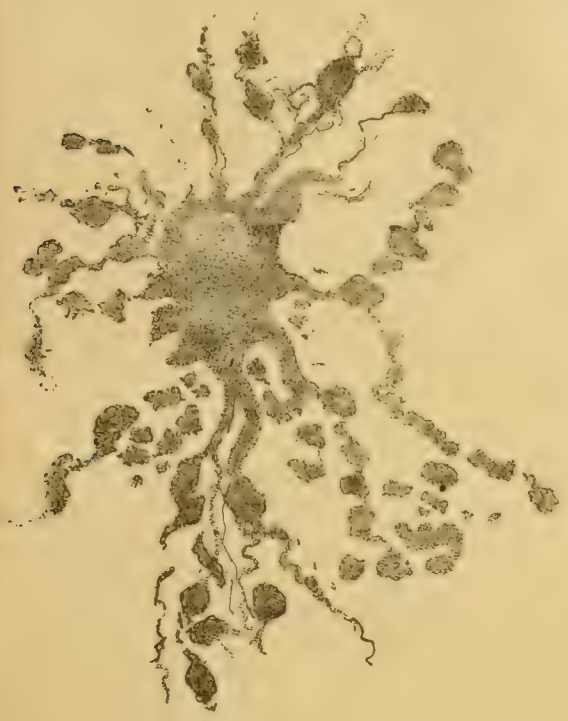


Fig. 4. — *Cellule névroglique, dont les dendrites offrent l'altération connue sous le nom de clasmatodendrose* (Cajal). — Certains prolongements ont l'aspect d'un chapelet.

par la réaction de Cajal et dont l'intensité varie avec le degré de la lésion (fig. 5). Lorsque le processus a fait encore des progrès, il peut envahir le corps cellulaire et aboutir à une véritable cytolyse. De sorte que l'apparition de formations moniliformes dans le trajet des prolongements, la dendrolyse et la cytolyse, sont d'après nous diverses phases successives du même processus de dissolution de la cellule névroglique. Il est possible que les éléments lipoïdes qui entrent dans la constitution des lipoprotéides de la cellule névroglique subissent un processus de séparation des phases, et en conséquence l'architecture anatomique de la cellule est profondément touchée. Pour cette raison, nous ne pouvons pas considérer la clasmatodendrose et la transformation amiboïde comme un processus actif qui aurait pour but la phagocytose, mais nous pensons qu'il s'agit plutôt là d'une lésion d'ordre dégénératif et destructif.

Nous ne pouvons pas nous étendre longuement sur le mécanisme vital de la production des cellules amiboïdes; mais précisément le fait que certains auteurs, entre autres Buscaino et même Cajal, font intervenir l'autolyse comme facteur de production des cellules amiboïdes dénote, à notre avis, que la clasmatodendrose est un phénomène d'ordre dégénératif.

Dans un cas de méningite séreuse, où la nécropsie a été pratiquée 7 heures après la mort pendant l'été, presque toutes les cellules nevrogliques de l'écorce avaient subi le processus de

Fig. 5. — a, *Cellule névroglique d'aspect à peu près normal;* b, *cellule névroglique avec peu de prolongements* ; c, *cellule névroglique hypertrophiée en état dit de clasmatodendrose et offrant des corpuscules de remplissage. Un pied vasculaire hypertrophié persiste* (Culture du cerveau du chat; 8 heures).

clasmatodendrose et de cytolyse, ce qui prouve que, dans certaines conditions pathologiques et de température convenable, ces phénomènes peuvent se produire après la mort. Du reste, les cellules protoplasmiques de l'écorce sont plus sujettes à la transformation amiboïde. Les troubles circulatoires, les inflammations, les méningites suppurées sont les conditions les plus favorables pour la production des cellules amiboïdes. La culture de la névroglie *in vitro* montre que la clasmatodendrose est un phénomène éphémère et qu'il peut être suivi de cytolyse et de disparition de la cellule. La conservation de fragments de cerveau de chat dans une solution de chlorure de sodium et à la température de 37° ne produit pas de véritables cellules amiboïdes.

Nous nous sommes demandé si toute cellule en état de clasmatodendrose est une cellule vouée à la cytolyse et à la résorption de la cellule. Dans un cas de ramollissement de l'écorce, nous avons pu constater dans la substance

blanche des cellules d'aspect amiboïde, ce qui tendrait à montrer qu'une cellule dite amiboïde, alors que sa structure protoplasmique n'est pas profondément altérée, est capable d'émettre quelques nouveaux prolongements.

III. — Transformation fibreuse de la névroglie protoplasmique

C'est un phénomène biologique de la plus haute importance, et que la méthode de Cajal met en évidence avec une clarté surprenante. Ce phénomène a été tout d'abord noté par Achucarro et Gayarre dans la paralysie générale et confirmé peu de temps après par nous-même. La transformation fibreuse peut être complète, et alors la cellule protoplasmique de l'écorce cérébrale revêt un aspect plus ou moins analogue à celui des cellules névrogliques de la substance blanche; elle est due à des modifications profondes de la structure intime du cytoplasme et de ses expansions. En effet, le contour et l'aspect des prolongements changent : il ne s'agit plus des expansions du protoplasma cellulaire, lequel offre la structure finement spongieuse où sont logés, suivant les recherches de Cajal, les gliosomes découverts par Nageotte et Fieaudt, et leurs épines disparaissent; mais bien d'une espèce de différenciation du cytoplasma fortement coloré par la réaction et tranchant parfois par leur aurophilie avec le reste, faiblement teinté, du cytoplasma. Ces cellules à transformation fibreuse, arrivées à un degré avancé d'hypertrophie, se colorent intensément par la méthode de Cajal; leur cytoplasma, leurs prolongements sont parfois finement granuleux et le nombre de ces prolongements et de leurs ramifications est d'habitude restreint. L'aire d'expansion des prolongements est fortement réduite. On dirait qu'il y a une espèce de balancement entre le volume du corps de la cellule et l'étendue des ramifications cellulaires. Plus le corps cellulaire est volumineux, moins il y a de ramifications secondaires et tertiaires des prolongements.

Dans le processus de transformation de la névroglie protoplasmique en névroglie fibreuse, deux facteurs interviennent en première ligne : c'est d'une part l'activité nucléaire; la nucléine diminue de quantité. D'autre part, l'activité cytoplasmique intervient également, parce que les gliosomes diminuent de nombre pour disparaître, car il ne faut pas confondre les gliosomes véritables, que la méthode de Cajal ne colore pas à l'état normal, avec les granulations visibles par cette méthode de Cajal dans les cellules fibreuses. Ces granulations, disposées en séries linéaires, donnent surtout aux pieds vasculaires un aspect strié. Lorsque ces stries s'écartent à la suite de l'augmentation de la substance intergranulaire, les stries du pied vasculaires offrent la disposition d'un pinceau.

Un phénomène fréquemment rencontré dans les cellules qui ont subi la transformation fibreuse, c'est l'augmentation considérable des pieds vasculaires (fig. 6). On dirait que les vaisseaux ont intensifié leur action de tropisme.

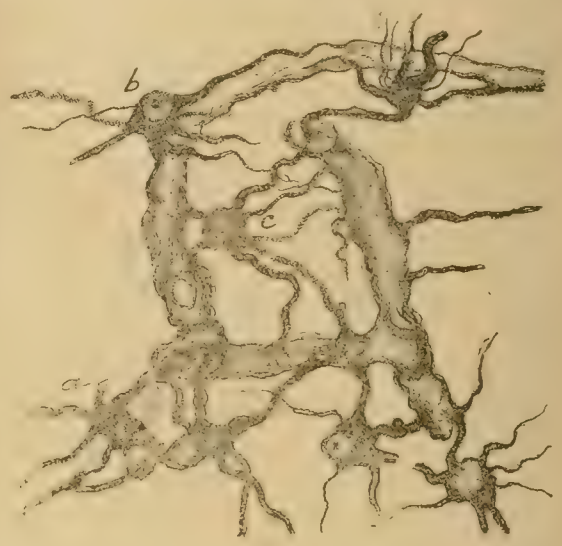


Fig. 6. — *Rapports des cellules névrogliques avec les vaisseaux de nouvelle formation dans la substance grise d'un cas de paralysie générale.* — Le corps de deux cellules névrogliques *a*, *b*, est intimement appliqué à la paroi des capillaires; *c*, cellule névroglique dont tous les prolongements vont s'insérer sur la paroi des vaisseaux.

Aussi l'on voit un nombre considérable de pieds qui s'étalent à la surface de la paroi vasculaire, constituant par leur pression une espèce de membrane limitante; mais peut-on parler réellement d'une véritable membrane continue? Nous ne le pensons pas, car, si parfois on peut observer sur des coupes transversales des petits vaisseaux une espèce de membrane, tout au moins en apparence continue, d'autres fois cette membrane paraît incomplète. Entre les cellules protoplasmiques et les cellules fibreuses, on peut trouver toute espèce de formes intermédiaires, comme c'est le cas pour les cellules névrogliques proliférées autour des foyers de ramollissement. Comme l'a observé Del Rio Hortega, ces cellules semi-protoplasmiques sont chargées d'une poussière fine de couleur ardoisée qui donne au protoplasma un aspect massif et condensé.

IV. — Transformation protoplasmique des cellules fibreuses de névroglie

La transformation de la névroglie fibreuse est un phénomène général que l'on constate, ainsi qu'on l'a vu, dans tous les processus vasculaires,

surtout de nature inflammatoire. La méthode de Cajal permet de suivre les étapes de cette transformation, mais y a-t-il un processus inverse, c'est-à-dire une transformation de la névroglie fibreuse en névroglie protoplasmique? C'est

Fig. 7. — *Cellule névroglique dont le prolongement principal se continue directement avec le corps de la cellule et ne donne que peu de ramifications. Au contraire, du péricarion se détachent beaucoup de prolongements.* — A remarquer la présence de nombreuses granulations sur toute l'étendue du gros prolongement (foyer de ramollissement du noyau lenticulaire dans un cas de paralysie pseudo-bulbaire).

une question de haute importance, qui mérite d'être discutée :

Dans ses recherches d'histopathologie de la névroglie, Hortega croit avoir remarqué que dans la 1re couche, au cours des ramollissements de l'écorce, certains éléments cellulaires de néoformation ont perdu leur type nettement fibreux. Mais il ajoute que le type de ces cellules a des caractères intermédiaires entre le type protoplasmique et le type fibreux. Il y a une tendance de plus en plus marquée, dans la cellule, à revenir au type protoplasmique. Sans contester les observations de Hortega, car nous croyons avoir également observé, mais d'une manière exceptionnelle, ce que Hortega décrit, nous devons cependant ajouter que dans les ramollissements on observe surtout des types anormaux de névroglie protoplasmique ou demi-protoplasmique, très riche en protoplasma et pourvue d'un nombre de prolongements qui diffère complètement de celui des cellules protoplasmiques du type normal (fig. 7). Ces formes de cellules demi-protoplasmiques, qui varient à l'infini dans leur aspect, sont d'une constatation fréquente au cours des ramollissements aigus et subaigus.

Il n'y a pas de transformation certaine des véritables cellules fibreuses en cellules protoplasmiques ; nous sommes convaincus que la reversibilité vraie des cellules fibreuses en cellules protoplasmiques n'existe pas. La reversibilité

Fig. 8. — *Atrophie pigmentaire d'une cellule névroglique située au voisinage d'un foyer de ramollissement.* — Les prolongements sont peu ramifiés et à la partie inférieure de la cellule on voit que le pigment se trouve enfermé dans une espèce de sac.

intégrale est un phénomène qui n'appartient pas aux éléments vivants.

Nous avons pu constater, comme Hortega, que dans le tissu névroglique situé près du foyer de ramollissement, il existe parfois des cellules dont les prolongements finissent par une massue. Ces massues ne peuvent être confondues avec celles des fibres nerveuses, et c'est en vain que certains auteurs ont pensé que des fibres nerveuses terminées par des massues, que nous avons figurées dans les tumeurs et dans les ramollissements, seraient de nature névroglique.

V. — Atrophie et Involution

Il ne faut pas penser que tous les changements morphologiques des cellules névrogliques consistent seulement dans une transformation progressive et involutive, comme c'est le cas pour

la transformation fibreuse. Il y a encore un processus régressif que l'on peut rencontrer dans les conditions les plus diverses et plus particulièrement au voisinage de certains foyers d'hémorragie, dans la sénilité, dans la paralysie générale, etc. Ce qui caractérise ces cellules atrophiées, c'est la présence d'un grand nombre de granulations pigmentaires dans le corps de la cellule et dans les prolongements (fig. 8). Les petits sacs contenant du pigment prennent des proportions considérables, et dans le cytoplasma nous avons constaté la présence de certains corpuscules pigmentaires spéciaux qui ne se rencontrent que dans les cas de sénilité avancée.

Nous devons ajouter quelques mots à propos des modifications de la névroglie de la substance grise, que nous avons constatées dans quelques cas d'idiotie. Les prolongements des cellules sont généralement courts et ne donnent pas naissance à des ramifications de plus en plus fines pour former l'atmosphère protoplasmique que l'on voit à la périphérie de la cellule à l'état normal. Il n'y a pas non plus le plexus interstitiel diffus, et la configuration générale de ces cellules ressemble à l'aspect morphologique de celles des fœtus de 5-9 mois.

VI. — Gaines névrogliques périneuronales

Dans les différents états pathologiques, surtout dans la paralysie générale et, en général, dans les altérations du cytoplasma nerveux, on constate que les cellules satellites névrogliques s'hypertrophient et les rapports des cellules névrogliques avec les cellules nerveuses altérées sont plus intimes et plus étendus. C'est ce qu'on voit dans certains cas, où un satellite de la base de la cellule envoie des prolongements qui bordent le contour du corps cellulaire pour se rapprocher et suivre la tige protoplasmique.

VII. — Phagocytose

Le rôle de la cellule névroglique de nature phagocytaire a été longuement discuté, et l'un de nous, qui a attiré l'attention sur la neuronophagie, a montré que ce ne sont pas les cellules névrogliques qui jouent le rôle principal dans la neuronophagie; néanmoins, on ne peut pas leur dénier tout rôle phagocytaire. En injectant de l'encre de Chine dans la cavité arachnoïdienne du cerveau, nous avons été surpris par le grand nombre de granulations noires qui existent à l'intérieur des cellules névrogliques, même à une certaine distance de l'endroit de l'injection. D'autre part, à plusieurs reprises, nous avons constaté des lipoïdes colorés en rouge-orange par le Soudan, ce qui indiquerait également un processus phagocytaire des cellules névrogliques.

VIII. — Morphogenèse et évolution. Tropismes

La forme si variable des cellules névrogliques représente en quelque sorte le diagramme des forces qui agissent sur ces cellules. D'une manière générale, il y a une analogie entre la morphologie des cellules névrogliques et les cellules nerveuses, ce qui est d'ailleurs naturel, car les mêmes forces gouvernent les changements physico-chimiques du neuroplasma et du glioplasma. La plupart du temps, il s'agit de cellules multipolaires nerveuses et d'astrocytes. Les forces physiques qui interviennent à chaque instant sont d'une part la tension de surface et d'autre part la tension osmotique et la différence de potentiel électrique, auxquelles on doit ajouter l'adhésion tactile ou le stéréotropisme. Depuis longtemps, l'un de nous a attiré l'attention sur le rôle prédominant que joue la tension de surface dans la morphogenèse du neurone, et encore plus récemment il est revenu sur cette question[1] à propos de la croissance des fibres régénérées. Précisément, les modifications continuelles de la tension de surface nous expliquent la formation des nouveaux prolongements et aussi les modifications continuelles de la forme des cellules névrogliques.

Au voisinage des foyers de ramollissement et dans ceux-ci mêmes, ainsi que dans les tumeurs, les cellules névrogliques affectent des formes bizarres, anormales, sans doute parce que le milieu où ces cellules poussent n'est plus celui de la substance nerveuse normale. L'isomorphisme devient dans ces conditions un hétéromorphisme et la cellule névroglique, en vertu de sa plasticité, est obligée de s'adapter aux conditions physico-chimiques du milieu où elle se développe. L'évolution des cellules névrogliques pendant la vie embryonnaire et chez le nouveau-né démontre clairement le bien-fondé de cette proposition. En effet, chez l'embryon, le cytoplasma des cellules de la substance grise émet ordinairement des prolongements qui se détachent de la surface de la cellule, mais le nombre de ces prolongements est restreint. Ils n'offrent pas de ramifications secondaires et tertiaires, et probablement ces

1. G. Marinesco : *a*) Plasticité et amiboïsme des cellules des ganglions sensitifs. *Rev. neurolog.*, 1907, n° 2.
b) Recherches anatomo-cliniques sur les névromes d'amputation douloureuse. Nouvelles contributions à l'étude de la régénération nerveuse et du neurotropisme. *Travail du Laboratoire de Recherches pathologiques L. C. C.*; Maudsley Hospital, nov. 1919.

cellules se trouvent continuellement soumises à l'action de la tension de surface ; aussi les cellules névrogliques embryonnaires offrent un polymorphisme plus grand que chez l'adulte, leur noyau est plutôt excentrique, mais à mesure qu'elles se développent, elles tendent vers la forme multipolaire habituelle et donnent des ramifications secondaires et tertiaires. Les prolongements des cellules névrogliques sont orientés suivant la direction de l'excitant, assurant ainsi son équilibre. Cette excitation s'exerce d'habitude en ligne droite, mais il n'est pas rare de voir que les prolongements des cellules névrogliques décrivent des courbes avant d'aller se fixer sur la paroi des vaisseaux. Le vasotropisme impose à certains prolongements qui se dirigent dans un autre sens de prendre la direction du vaisseau, et ce tropisme paraît d'autant plus accusé que la nutrition est plus active. Aussi le nombre des cellules névrogliques et la quantité des pieds vasculaires dans les processus pathologiques tels que les inflammations sont considérables.

IX. — Considérations sur les fonctions du tissu névroglique

Depuis que Nageotte, Freaudt, Mawas, Achúcarro, Cajal, etc., ont attiré l'attention sur la présence des mitochondries, des grains de sécrétion et sur le caractère vacuolaire et plasmatique de la névroglie corticale, on est porté à attribuer aux cellules névrogliques protoplasmiques une fonction sécrétoire nécessaire aux éléments nerveux. Achúcarro a même précisé cette opinion et il considère la névroglie protoplasmique comme une glande interstitielle qui exerce une action dans le fonctionnement normal des éléments nerveux et qui envoie, dans le sang, des hormones propres, prenant ainsi part à l'harmonie endocrine de l'organisme. Conformément à cette hypothèse, Achúcarro admet que le pied d'implantation vasculaire acquiert l'importance d'un organe essentiel, sécréteur et vecteur à la fois, dont le développement et les conditions histologiques peuvent nous servir, en quelque sorte, d'index de la fonction glandulaire sanguine des protoplasmas névrogliques. Pour cette raison, Achúcarro appelle le pied des cellules névrogliques *trompe vasculaire*. Cela ne préjuge en rien de cette fonction. L'évolution de la cellule névroglique dans la série animale, le développement extraordinaire que les cellules protoplasmiques atteignent chez l'homme, de même que leur involution dans la démence sénile et dans la sénilité, sont autant de présomptions en faveur de l'opinion que le tissu névroglique n'est pas tout simplement un tissu de soutènement. D'autre part, le rapport double des cellules névrogliques satellites avec les cellules nerveuses et les vaisseaux permettrait d'admettre qu'il s'opère par l'intermédiaire des cellules névrogliques des échanges nutritifs entre les cellules nerveuses et le milieu humoral. On doit apporter une certaine réserve à l'hypothèse ingénieuse d'Achúcarro qui considère les attaches des pieds vasculaires comme une preuve à l'appui de son opinion, à savoir que les pieds constituent un organe sécréteur et vecteur à la fois. Il nous semble difficile d'admettre que les cellules fibreuses pourvues d'un nombre considérable de pieds vasculaires, n'ayant pas de gliosomes dans leur cytoplasma, puissent jouer le rôle de glande à sécrétion interne.

G. Marinesco,
Professeur à la Faculté de Médecine de Bucarest.

I. Minea,
Professeur à la Faculté de Médecine de Cluj.

LES FORÊTS DE LA ROUMANIE

I. — Introduction. — Données statistiques

Le Conseil suprême, reconnaissant les importants sacrifices en hommes et en richesses nationales que le peuple latin des Bouches du Danube a faits pour la cause de la Civilisation et de la Justice, et conduit par le principe que les nations ayant la même langue et la même origine doivent se gouverner par elles-mêmes, a admis l'union à la mère patrie, c'est-à-dire à l'ancien royaume roumain, des provincee d'Outre-Carpathes et d'Outre-Prut entre leurs limites ethnographiques, provinces qui furent ainsi à jamais délivrées de la politique médiévale d'oppression et de dénationalisation, qui a caractérisé, surtout pendant la dernière moitié du siècle, l'administration des anciens empires Austro-Hongrois et Russe.

Dans ses nouvelles frontières, la Roumanie nouvelle a une surface territoriale d'environ 320.000 km².

Sur le territoire sus-mentionné, les forêts occupent plus de 7 millions d'hectares, soit à 23,1 %, comme on peut le voir dans le tableau I, dans lequel, à côté du chiffre de la surface boisée et des territoires des provinces qui composent actuellement la Roumanie reconstituée, on indique aussi le chiffre de la population.

enfin la Bessarabie avec 3,4 % ; mais cet ordre de succession change lorsque l'on compare l'étendue de chaque province à la surface territoriale totale de la Grande Roumanie.

En effet, l'ancien Royaume comprend 43,6 %, la Transylvanie 18,2 %, la Bessarabie 14,1 %, le Banat 9 %, la Crisiane 6,5 %, le Marmaros 5,1 %, enfin la Bucovine 3,3 %.

En considérant l'étendue relative des forêts, comparativement au territoire de chaque province, nous trouvons que le pourcentage de boisement maximum s'élève en Bucovine à 43,2 %; viennent ensuite le Marmaros avec 41,4 %, la Transylvanie 38,9 %, la Crisiane 28,1 %, le Banat 21 %, l'ancien Royaume 18,1 % et enfin la Bessarabie avec 5,1 % seulement.

Que le pourcentage de boisement soit plus réduit dans ces trois dernières provinces, cela s'explique par l'intensité des défrichements qui ont eu lieu pendant les dernières dizaines d'années en faveur de l'agriculture, partout où le terrain était plat ou formé par des petites collines et d'une fertilité exceptionnelle.

Si nous nous rapportons à la densité de la population, nous remarquons que la plus grande surface boisée par tête d'habitant se trouve dans le Marmaros, avec 88 ares; puis en Transylvanie avec 84, en Bucovine avec 56, en Crisiane avec

Tableau I. — **Population et forêts des diverses provinces roumaines**

N° d'ordre	Nom de la province	Surface boisée	% du total	Surface territoriale	% du total	Population en 1914	% du total	Surface boisée par tête d'habitant	Nombre des habitants par km²	Surface boisée par km²
		Ha		Km²		nombre des habitants		Ha		Ha
1	Bucovine	451.221	6,2	10.442	3,3	808.098	4,6	0,56	77	43,2
2	Marmaros	671.847	9,2	16.213	5,1	776.666	4,3	0,88	47	41,4
3	Transylvanie	2.250.961	30,8	57.804	18,2	2.678.367	15,1	0,84	46	38,9
4	Crisiane	586.143	8,0	20.825	6,5	1.316.981	7,5	0,45	63	28,1
5	Banat	601.528	8,2	28.523	9,0	1.582.133	8,9	0,36	53	21,0
6	Ancien royaume	2.497.632[1]	34,2	137.983	43,6	7.897.311[2]	44,7	0,32	57	18,1
7	Bessarabie	249.356	3,4	44.422	14,1	2.642.000	14,9	0,09	59	5,6
	Total	7.308.688	100	316.212	100	17.683.556	100	0,42	56	23,1

Comme il résulte de ce tableau, les forêts de l'ancien Royaume représentent une surface absolue de 34,2 % ; viennent ensuite par ordre décroissant : la Transylvanie avec 30,8 % ; le Marmaros avec 9,2 %, le Banat avec 8,2 %, la Crisiane avec 8 %, la Bucovine avec 6,2 % et

45, dans le Banat avec 36, dans l'ancien Royaume avec 32 et enfin en Bessarabie avec 9 ares seulement. La moyenne est de 42 ares de forêt par habitant.

Il est aussi intéressant de connaître la nature des propriétaires auxquels appartiennent les

1. On ne comprend pas dans ce chiffre les vides des forêts dont la surface est de 438.033 ha ou 14,9 %.
2. D'après les données statistiques de la fin de l'année 1917.

TABLEAU II. — **Répartition des forêts suivant la nature des propriétaires**

N° d'ordre	NATURE DES PROPRIÉTAIRES	LES FORÊTS DE l'Ancien royaume (Ha)	% du total	la Transylvanie, le Banat, la Crisiane et le Marmaros (Ha)	% du total	la Bucovine (Ha)	% du total	la Bessarabie (Ha)	% du total	Surface totale des forêts (Ha)	% du total
1	L'Etat.....	1.068.173	42,7	682.000	16,6	1.537	0,3	11.137	4,4	1.762.847	24,1
2	Commune ou département.....			1.200.000	29,2	26.522	5,9			1.226.520	16,8
3	Etablissements publics.....	174.150	7,0	270.485	6,6	225.149	49,9	50.735	20,4	720.519	9,9
4	Particuliers.....	1.255.309	50,3	1.957.994	47,6	198.015	43,9	187.484	75,2	3.598.802	49,2
	Total de la surface..	2.497.632	100	4.110.479	100	451.221	100	249 356	100	7.308.688	100
	Total des forêts.....	34,2		56,2		6,2		3,4		100	

forêts en question et la proportion qu'elles représentent, comparativement à la surface boisée de chaque province et comparativement à la surface boisée du territoire roumain total.

Il résulte du tableau II que la plus grande surface boisée qui appartienne à l'État se trouve dans l'ancien Royaume (42,7 %) et la plus petite en Bucovine. Les départements et les communes n'ont pas de forêts en Bessarabie et dans l'ancien Royaume. Mais dans les autres provinces leur surface dépasse 1 $^1/_4$ million d'ha.

En ce qui concerne les forêts appartenant aux établissements publics, elles ont une surface plus grande dans les provinces d'outre-Carpathes, y compris la Bucovine, avec ses 225.149 ha. qui, avant la guerre, constituaient le Fond dit religieux grec-orthodoxe, créé le 19 juin 1773 pour les besoins du clergé et des établissements d'enseignement, par un autographe de l'empereur d'Autriche Joseph II. Les propriétaires particuliers possèdent au total 3.598.802 ha. ou 49,2 %, et les établissements publics 720.519 ou 9,9 %, dont 174.150 dans l'ancien Royaume, comprenant les 70.188 ha. qui appartiennent au domaine de la Couronne.

II. — LA FLORE FORESTIÈRE

Les espèces d'arbres et d'arbustes qui entrent dans la composition des massifs forestiers de la Grande Roumanie sont à peu d'exceptions identiques à celles qui composent la Flore forestière de l'Europe centrale.

Elles appartiennent aux deux groupes principaux d'essences forestières, c'est-à-dire aux feuillus et aux résineux. Le manque de place nous empêche d'en donner la liste détaillée.

III. — COMPOSITION DES MASSIFS FORESTIERS

Au point de vue orographique, le territoire de la Roumanie actuelle pourrait être divisé en trois régions principales, savoir : la région montagneuse, la région des collines et la région de la plaine.

La région des montagnes boisées, comprise entre 600 et 1.700 m. d'altitude, est peuplée par du hêtre pur ou mélangé au sapin et à l'épicéa (1.200-1.300 m.) ; de là jusqu'à la zone des buissons alpins, l'épicéa constitue à lui seul des massifs purs. En Moldavie, cette espèce descend jusqu'à 500 et même 400 m., tandis qu'en Valachie on la rencontre rarement au-dessous de 700 m. d'altitude.

On trouve des massifs purs de hêtre vers le milieu de son aire d'habitation, c'est-à-dire à 650-800 m. en Valachie et à environ 200 m. plus bas en Moldavie. Dans la Dobroudja, on ne trouve ni résineux croissant spontanément, ni forêts de hêtre. Le chêne sessiliflore apparaît à une altitude de 300-500 m. Dans la zone des petites collines, il est remplacé par le chêne de Hongrie et le chêne chevelu, et dans les vallées humides et fraîches par le chêne pédonculé.

Les forêts de la région de la plaine sont composées de cette dernière espèce, avec le chêne de Hongrie, le chêne chevelu, à l'état pur ou mélangé, l'érable plane, l'alisier terminal, l'érable champêtre, l'érable de Tartarie, le tilleul, le charme, etc. Sous le nom de forêt de « sleau », on comprend des massifs de la région de la plaine, constituant un mélange intime de chêne, tilleul, orme, frêne, charme, érable champêtre, etc., et en proportions si diverses qu'il est presque impossible d'établir le pour cent de chaque espèce. Les forêts des îles du Danube et les forêts de la zone

inondable des bords de ce grand fleuve d'Europe aussi bien que des bords des autres rivières du pays, sont composées de différentes espèces de peupliers et de saules. Dans quelques-unes de ces forêts, on trouve aussi du chêne, du frêne ou de l'orme.

Les sables mouvants constituant les dunes dans les départements de Mehedintzi, Dolj et Romanatzi, ont été fixés et mis en valeur par la culture du robinier, parfois aussi de l'ailanthe glanduleux. On a fait aussi des plantations d'acacia dans les steppes (« le Bar ragan ») de la Dobroudja, du département d'Ialomitza et Braila, mais avec des résultats peu satisfaisants.

Pour nous faire une notion plus précise de l'importance de la participation des espèces dans la composition des massifs, en connaissant la proportion de leur mélange, nous avons déduit l'étendue occupée par chacune d'elles. C'est ainsi que de la statistique entreprise en 1912 par l'Administration des Forêts, mais qui n'a pas encore été publiée, il s'ensuit que les résineux, à l'état pur ou de mélange, occupent dans l'Ancien Royaume 457.300 ha, le hêtre 791.201 ha, les quatre espèces de chêne 584.270, le charme 86.791, le tilleul 36.485, le frêne 21.733, l'orme 19.527, l'acacia 17.434, le bouleau 31.611, le peuplier, le saule et l'aulne 97.050 et les autres espèces diverses 253.491 ha.

En ce qui concerne les forêts des provinces annexées, elles sont composées de la manière suivante. Celles de Transylvanie sont constituées par 397.967 ha. ou 17 °/₀ de diverses espèces de chêne, 1.106.025 ou 50 °/₀ de hêtre, et le reste, 743.968 ha ou 33 °/₀, de résineux.

Dans la Crisiane, on trouve 290.189 ha ou 49,5°/₀ de forêts de chêne, 280.725 ou 47,9 °/₀ de hêtre et autres feuillus, et seulement 15.232 ha. ou 2,6 °/₀ de résineux. Le département de Bihor est le plus boisé, avec 293.447 ha.

Le Marmaros comprend 211.089 ha ou 31,4 % de forêts de résineux, 365.963 ou 54,5 % de hêtre et autres feuillus et seulement 97.795 ha ou 14,1 % de forêts de chêne.

Le Banat est divisé en trois départements, le Torontal, le Timis et le Caras-Séverin ; ce dernier, qui appartient en entier à la Roumanie, possède, à lui seul, une surface boisée de 518.071 ha, dont 121.172 ha de forêts de chêne, 384.608 de hêtre et autres feuillus et seulement 13.921 de résineux.

En Bucovine, les forêts de résineux, composées de sapin et épicéa mélangés au hêtre dans la région des montagnes moyennes, ou formées d'épicéa pur à de grandes altitudes, représentent un pour cent de 76. Le reste, 24°/₀, est complété par les feuillus composés de hêtre, charme, orme, érable, peuplier, aulne, saule et un peu de chêne, essences qui peuplent les forêts de la plaine et des collines.

La Bessarabie était autrefois riche en forêts de futaies; mais aujourd'hui, à la suite des défrichements et des exploitations désordonnées pendant l'occupation russe, elle ne contient plus dans les régions Tigheciu, Bâcu, Orhei et Tighina, que des jeunes massifs qui dépassent rarement l'âge de 30 ans, étant composés de hêtre, bouleau, tilleul, érables, frêne et chêne.

IV. — Méthodes de traitement adoptées

On a appliqué longtemps dans l'Ancien Royaume aux forêts appartenant à l'Etat et situées dans la région de la plaine et des collines, quel que fût leur âge, le taillis sous futaie à 80 arbres de réserve à l'hectare, et plus tard avec des réserves plus nombreuses. Le résultat étant peu satisfaisant, une décision ministérielle de 1893 a décrété qu'à l'avenir les forêts de chêne d'une superficie supérieure à 300 ha. seraient traitées en futaies pleines, à révolution de plus de 120 ans. En ce qui concerne les forêts de résineux de la région montagneuse, composées de sapin mélangé à l'épicéa et au hêtre, elles ont été traitées en futaie jardinée, et celles d'épicéa pur en futaie à blanc-étoc, pratiquées sur de grandes surfaces annuelles et se succédant l'une à coté de l'autre.

Ce traitement, inconnu auparavant en Roumanie, a été introduit par l'ancien conseiller forestier autrichien Johann Pitcheak, engagé en 1892 par le Gouvernement roumain. Il avait servi en Bucovine, où les coupes à blanc-étoc étaient pratiquées sur une grande échelle et à la suite desquelles, pour assurer la régénération, on a procédé à des plantations ou à des ensemencements artificiels d'épicéa, pratiqués longtemps sur la neige, avec un résultat d'ailleurs très problématique. On soutenait en effet que les futurs massifs purs d'épicéa auraient une valeur commerciale beaucoup plus grande que les massifs formés d'épicéa, sapin et hêtre. On doit à cette opinion erronée, malgré l'opposition des forestiers roumains, les ventes faites en masse des forêts de la région montagneuse du pays et notamment pour des périodes longues de 20 ans, les acheteurs ayant le droit de réduire le terme d'exploitation à blanc étoc à 10 ans.

La régénération des surfaces exploitées n'est pas encore complètement assurée jusqu'à présent, malgré les grands efforts et les sommes importantes qui y ont été consacrés. La difficulté provient du fait que, le sol des forêts vierges ayant une couche abondante d'humus, les

coupes à blanc-étoc pratiquées sur de grandes surfaces se couvrent d'une végétation exubérante de ronces et de framboisiers, de sorte que les plantations d'épicéa, à l'âge de 3-4 ans, sont presque littéralement envahies par cette mauvaise végétation. Quoique un peu tard, on a pourtant pris des mesures pour renoncer à une pratique qui, on aurait dû le prévoir, n'a point répondu aux attentes, et pour revenir à la régénération par des ensemencements naturels, qui constituent la base de la Sylviculture française, et dont le principe a été reconnu juste même par les coryphées de la science allemande. Aujourd'hui, d'après les décisions prises par l'Administration des forêts de Roumanie, le régime de la futaie pleine devra être appliqué presque exclusivement aux forêts de la Roumanie, partout où la station et la nature de l'essence le permettent.

On applique aux forêts d'acacias appartenant à l'Etat (9.636 ha.) le taillis simple à révolution de 15-20 ans.

Les forêts de saules et de peupliers des îles et des terrains inondables des bords du Danube, à cause des débordements des eaux de ce fleuve, surtout au printemps, sont exploitées en tétard, en leur appliquant de courtes révolutions de 6-9 ans.

Lss établissements publics et les autres établissements de charité, comme l'Ephorie des hôpitaux civils de Bucarest, l'Ephorie de Sf. Spiridon de Iassy, les établissements Brancovan de Bucarest, Madona Dudu de Craiova, l'administration du Domaine de la Couronne, lesquels, d'après le code forestier en vigueur, n'ont le droit d'exploiter leurs forêts que si elles sont aménagées, toutes ces institutions sont obligées d'adopter, dans des conditions identiques, le même régime que l'Etat dans leurs forêts.

Les forêts particulières, ayant une surface totale de 1.513.452 ha., dont 258.143 ou 17 % de vides, appartiennent d'un côté à une catégorie spéciale de propriétaires paysans appelés *mosneni* en Valachie et *razesi* en Moldavie (parmi lesquels quelques-uns sont en indivision) et d'un autre côté à de grands ou petits propriétaires. La plupart de ces derniers ont exploité leurs forêts sans aucun esprit de prévoyance, leur seule préoccupation étant de réaliser le plus tôt possible la valeur du matériel ligneux. Quant aux *mosneni* ou *razesi* en indivision, dont les droits de propriété n'ont commencé à être établis qu'après la promulgation de la loi forestière de 1910, ils s'empressèrent d'abattre le plus possible d'arbres de leurs forêts sans être empêchés par personne. Et cela, soit à cause du défaut de sanction de l'ancien code forestier de 1881, qui obligeait les propriétaires des forêts dites soumises au régime forestier d'aménager leurs forêts, sans établir des peines pour ceux qui ne se conformaient pas aux prescriptions desdits aménagements, — soit à cause de l'insuffisance du personnel forestier de l'Etat qui, de par la loi, était chargé du contrôle nécessaire.

Une partie des *razesi*, dont les aïeux avaient reçu leurs forêts des seigneurs du pays (*voevods*) en récompense de leurs exploits de guerre, considèrent les forêts, même à l'heure actuelle, comme un obstacle à l'agrandissement de leurs pâturages. Aussi, ils font tout leur possible pour les détruire soit par de nombreux débits, soit par des incendies volontaires pendant la saison sèche de l'été. Ils ont encore l'habitude d'introduire des moutons et des chèvres dans les portions des forêts récemment exploitées, où ces bêtes font des dégâts considérables aux plantations ou aux ensemencements préexistants. Ces propriétaires paysans, ignorant la valeur de leurs forêts, se sont empressés de les vendre à des prix dérisoires. Les acheteurs ont été, dans la majorité des cas, des sociétés étrangères et presque exclusivement hongroises et autrichiennes, qui, avec leurs ouvriers et leur personnel technique et administratif, avaient fondé de véritables colonies dans presque toutes les vallées de nos montagnes. Ces étrangers connaissaient tout aussi bien que nos paysans tous les sentiers et lieux de passages stratégiques des Carpathes, ce qui a facilité l'invasion des armées des Puissances centrales.

Le nouveau code forestier a mis fin à de semblables spoliations de la richesse nationale, dues à la ruse des gens intéressés et à l'ignorance de nos paysans : les ventes des forêts appartenant aux *mosneni* ou *razesi* en indivision ne peuvent plus avoir lieu qu'au moyen de licitations publiques et avec les mêmes formalités exigées pour les forêts de l'Etat.

On applique aux forêts particulières de la région des collines de l'Ancien Royaume et de la Bessarabie le traitement du taillis simple régulier à courtes révolutions, de 10-20 et rarement de 30 ans.

En Transylvanie, dans le Banat, en Crisiane et dans le Marmaros, on applique aux forêts de l'Etat le régime de la futaie, notamment le traitement de la futaie pleine, le traitement de la futaie à blanc-étoc, le jardinage, et seulement à une petite partie située dans la région de la plaine, le taillis simple. Pour les traitements à coupes localisées, on applique en général des révolutions de 100-120 ans, et de 25-50 ans aux taillis. Aux forêts communales et notamment

celles composées d'arbres feuillus situées dans la région de la plaine ou des collines, on applique le régime du taillis simple et parfois du taillis sous futaie, tandis que les forêts de hêtre et de résineux de la montagne sont traitées de la même manière que les forêts de l'Etat. Les forêts appartenant à la propriété fidéicommissaire sont exploitées par des aménagements ayant en vue le maintien du rapport strictement soutenu et la conservation des forces de production des sols forestiers. Les autres forêts appartenant aux propriétaires particuliers, en tant qu'elles ne font pas partie des forêts dites de protection, sont soumises seulement à une obligation ayant en vue leur bonne conservation et la régénération des surfaces exploitées.

En Bucovine, les forêts de l'Etat et du Fond religieux, la plupart situées dans la région des montagnes, sont traitées en futaie à coupes localisées et à révolution en général de 120 ans; pour une partie seulement des forêts, on admet des révolutions de 80-100 ans, ou bien on les traite en jardinage et en taillis simple. Cette province dispose de voies ferrées forestières, de routes et autres moyens de transport. Les forêts sont rendues accessibles par la construction de milliers de kilomètres de sentiers.

Toutes les forêts du Fond religieux et une grande partie de celles appartenant aux communes sont aménagées.

En tenant compte de la surabondance des vieux peuplements, on a décidé d'arriver d'une façon progressive au rapport soutenu, et notamment après trois périodes de 20 ans chacune.

V. — Dégats causés par l'occupation allemande

La première disposition prise par l'Administration militaire allemande dans le territoire occupé, en Valachie et dans la Dobroudja, a été de faire réquisitionner les noyers, les frênes et les ormes, partout où ils se trouvaient. Des centaines et des milliers de wagons ont été chargés de troncs d'un pareil matériel précieux, expédiés en Autriche et en Allemagne d'après une quote-part établie par les co-intéressés.

En outre, après l'achèvement du transport des céréales des récoltes de 1914, 1915 et 1916, qui n'étaient pas encore vendues à cause de la fermeture des Dardanelles, au cours de l'année 1917, mais surtout au printemps et dans l'été de 1918, l'Administration militaire, qui avait amené un nombreux personnel, plutôt d'industriels et de marchands de bois que de forestiers, s'est mise, avec une rage inouïe, à exploiter d'une façon désordonnée nos belles forêts de chêne, qui possédaient une proportion notable de bois d'œuvre et de construction et qui étaient situées près des stations de chemin de fer, des routes et des autres moyens de transport.

Sous prétexte de nécessités militaires inexorables, comme nous l'avons constaté d'après la correspondance trouvée à la suite du départ précipité des envahisseurs du territoire occupé, l'Administration allemande a vendu, dans un but de spéculation, des milliers de wagons de bois d'œuvre de chêne de grande dimension aux marchands de bois d'Autriche et d'Allemagne à des prix ridiculement faibles de 20-30 lei le m³, en plus d'autres bonifications, et sans compter des millions de traverses de chemin de fer façonnées et expédiées auparavant selon les ordres venus de Vienne et de Berlin.

Les Bulgares et les Turcs avaient, eux aussi, leur partie de la proie. Des milliers d'hectares de forêts de chêne de la plaine de l'ancien Royaume ont été décimés pour en faire des poteaux de mines et pour des travaux militaires de défense; ce matériel a été transporté vers le front de Macédoine, de Serbie, de Turquie, etc. Les centaines de milliers de mètres cubes de planches de sapin, d'épicea, et autres essences forestières qui se trouvaient dans les dépôts des nombreuses fabriques de charpente de la vallée du Lotru, de l'Arges, de la Prahova, du Buzeu, etc., ont été réquisitionnés et partagés entre les conquérants. Des quantités considérables de bois de chauffage ont été aussi envoyées en Bulgarie, en Turquie, et même en Hongrie, quoique la population de nos villes fût complètement dépourvue du combustible nécessaire au chauffage des habitations. A cause de cela, un grand nombre de gens pauvres sont morts de froid. Les forêts des établissements publics et des établissements de charité ou appartenant à des propriétaires particuliers n'ont pas été épargnées, quoiqu'il existe dans la Convention de la Haye un article précis conformément auquel on interdit les réquisitions dans les propriétés sus-mentionnées, et malgré la promesse du Maréchal Mackensen, commandant suprême de l'armée d'occupation, par proclamation donnée avant son entrée à Bucarest, que la propriété particulière serait respectée.

Les jeunes massifs de chêne, à quelques propriétaires qu'ils appartinssent, ont été abattus sur des surfaces de milliers d'hectares, en vue de l'extraction de l'écorce à tan. On interdit l'emploi de la paille de blé et d'autres céréales comme combustible pour les locomobiles des batteuses, les charrues à vapeur, les moulins, ou pour le chauffage des habitations des paysans, en obligeant tout le monde à n'employer que du bois, celui-ci étant le matériel le moins coûteux!

On réquisitionna tous les glands et les faînes des forêts, aussi bien que les fruits du marronnier d'Inde pour servir en guise de farine, de café ou pour l'extraction de l'huile, rendant ainsi impossible la régénération des forêts par voie naturelle.

Les coupes se faisaient dans les forêts durant toute l'année, de sorte que beaucoup d'entre elles, où la régénération devait avoir lieu par rejets de souche, ont été ruinées. Le pâturage des bestiaux dans les jeunes peuplements était toléré en échange de sommes d'argent ou d'aliments fournis aux soldats chargés de la police dans les communes rurales, quoique officiellement on feignit de l'interdire.

D'après l'évaluation que j'ai fait faire pour établir les dégâts directs causés aux forêts du territoire occupé, ceux-ci se montent à 500 millions de lei, tandis que les dégâts indirects s'élèvent à 1 milliard 700 millions.

Pour la reconstitution des forêts ainsi détruites, étant donnés le renchérissement excessif de la main-d'œuvre, — car les ouvriers sont payés aujourd'hui 30 et même 40 lei par jour, — et les difficultés de transport, dues à la destruction des ponts au moment de la retraite des armées ennemies, à l'enlèvement des locomotives, des fils, des poteaux et des appareils télégraphiques, à la destruction des gares et des installations pour l'approvisionnement en eau des locomotives, etc., on devra nécessairement dépenser des sommes considérables et cela pendant une longue série d'années. A cause de la baisse de notre change, il nous est presque impossible d'avoir recours actuellement à l'importation des produits industriels, lesquels ne peuvent pas être fabriqués chez nous, car le peu d'usines dont nous disposions, avant la guerre, ont été mises hors de fonctionnement par le démontage des machines et leur cession aux Bulgares et aux Turcs, ou par des incendies prétendus accidentels!

VI. — L'Industrie du bois

A la fin de l'année 1915, le capital investi dans les différentes industries de l'Ancien Royaume a été évalué à 1.014.583.682 lei, dont 805.472.618 lei ou 74,4 % pour la grande industrie et 209 millions ou 26,6 % pour la moyenne et la petite industrie.

La plus grande partie, 636.546.546 lei ou 78,75 %, du capital de la grande industrie appartenait aux grandes sociétés industrielles par actions, et 168.926.072 lei ou 21,25 % aux simples associations, aussi bien qu'au capital individuel. D'un autre côté, des 636,5 millions de lei, 513.944.236 ou 80 % constituaient du capital étranger, savoir : allemand, 120.820.175 lei, dont 110,4 millions dans l'industrie du pétrole; hollandais : 97.901.246 lei, seulement dans l'industrie du pétrole; anglais, 96.922.938 lei, dont 95,4 millions dans le pétrole; autrichien-hongrois, 66.389.525 lei, dont 42.157.025 dans l'*industrie du bois;* belge, 59.695.327, dont 26,5 millions dans les fabriques de sucre et 3,5 millions dans l'*industrie du bois;* français : 38.088.000 lei, dont 20,3 millions dans le pétrole et 11,2 millions dans le gaz, l'électricité, etc.; américain, 25 millions; italien, 7,5 millions; bulgare, 1,6 millions, dont 157.025 lei dans l'*industrie du bois.* Dans cette dernière sorte d'industrie, en 1915, il y avait au total 65.736.470 lei, dont 45.814.050 ou 69,61 % en capital étranger et 19,9 millions de lei ou 30,39 % en capital roumain.

Des 1.149 établissements industriels rentrant dans la catégorie de la grande industrie, 837 jouissaient des avantages de la loi de l'encouragement à l'industrie nationale. Parmi ces derniers, l'industrie du bois était représentée par 98 entreprises, utilisant une force motrice de 16.245 H. P., 12.708 ouvriers et un capital fixe de 37.580.604 lei, dont 7.985.628 en terrains et édifices et 29.594.976 en machines et installations; l'industrie des meubles en bois a 70 établissements avec 4.923 H. P., 1.700 ouvriers et un capital de 1.122.182 lei, et 8 fabriques de cellulose et papier avec un capital de 20,7 millions. La valeur de la production annuelle de l'industrie du bois, d'après les données de 1912-1913, a été de 51.842.563 lei; la production de l'industrie des meubles fut de 4,4 millions et celle des fabriques de cellulose et papier de 11,6 millions.

En Bessarabie, l'industrie du bois en 1905 était représentée par 9 fabriques, avec une production annuelle de 447.140 roubles. Dans le Banat, en 1914, il existait 14 fabriques de bois et os, 9 pour la distillation et l'imprégnation du bois, les briquetages et l'industrie de l'asphalte. En Transylvanie, d'après la statistique hongroise, en 1914, on trouvait 232 établissements industriels principaux, parmi lesquels 51 fabriques de bois de charpente, 6 de meubles, 6 de formes à chaussures, de tonneaux, de paniers, de cadres, de clous en bois, etc., et 6 de cellulose et papier.

Dans la Crisiane, il y avait, en 1911, 103 grands établissements industriels différents, dont 10 fabriques de bois de charpente, 9 de meubles, cannes, parquets, etc., 2 fabriques de formes à chaussures, de tonneaux, de paniers et 1 fabrique de papier et cellulose, et dans le Marmaros, sur un total de 32 établissements industriels principaux, on comptait 7 fabriques de charpente et 5 de meubles.

En Bucovine, à la fin de l'année 1851 existaient 51 scieries, en 1885, 72 et en 1898, 140 avec 3.301 H. P., 2.358 scies, à l'aide desquelles on débitait jusque avant la dernière guerre 5-600.000 m³. En 1895 on a fondé une fabrique de laine de bois avec une production de 10.000 quintaux métriques, et en 1897 deux fabriques pour la distillation du bois, dont le produit principal a été l'alcool méthylique et l'acétate de chaux et comme produit secondaire le charbon de bois, avec une production annuelle de 10.000 quintaux métriques.

Dans la vallée de la Moldava, la maison Schlesinger, de Gera (Reuss), avait fondé en 1889 à Molid et à Poiana-Itzcani deux fabriques à vapeur plus grandes où l'on façonnait une grande quantité de bois de résonance, dont on construisait les différentes parties constitutives des pianos, comme tables de résonance, etc.

En 1896, la maison Is. Werth et Cie a fondé à Comaresti, dans la vallée du Sireth, une fabrique pour le façonnage du bois de hêtre pour les meubles en bois courbé et spécialement pour les chaises. A la fin de l'année 1905 le Fond religieux grec orthodoxe disposait de 5 fabriques à vapeur de bois de charpente, avec cent édifices et autant d'annexes, et 6 fabriques à moteurs hydrauliques.

VII. — La capacité d'exportation du bois de la Roumanie

On ne peut guère compter sur la possibilité d'exportation du bois des forêts de l'ancien Royaume roumain, lesquelles, dans le territoire occupé, ont été dévastées par les Allemands, et en Moldavie par les Russes, parce que les besoins internes sont tellement grands que nous aurons peine à les satisfaire même au bout de quelques années. En effet, le bois d'œuvre et de construction dont nous disposons servira à la réfection des exploitations rurales détruites, à la construction des ponts, du matériel roulant des voies ferrées roumaines, à la réparation des wagons, au renouvellement des habitations dans la zone de la guerre et des différentes fabriques détruites, à la production de la matière première nécessaire aux industries ligneuses, etc., dans l'Ancien Royaume, y compris la Dobroudja. Dans cette dernière province, les Bulgares, dès qu'ils apprirent qu'ils devaient la quitter, dans l'unique but de faire du mal commencèrent la chasse à la population civile des villages, la destruction inutile des maisons, et ils commirent toutes sortes de vandalismes, que la population autochtone : Roumains, Turcs, Tartares, etc., n'oubliera jamais.

On ne peut compter non plus sur la production des forêts de Bessarabie qui, pendant l'occupation russe, eut recours à l'importation du bois de Galicie.

Au contraire, la Transylvanie, le Banat, la Crisiane, le Marmaros, avec une surface boisée de 4 millions d'hectares, et la Bucovine, avec un pourcentage de boisement de 43,2, sont à même non seulement de satisfaire les nécessités internes, mais aussi d'alimenter un commerce actif d'exportation, ce qui, à coup sûr, aura une influence favorable sur l'amélioration de notre change.

D'après nos calculs, appuyés sur les données statistiques et les affirmations des spécialistes des provinces annexées, on peut estimer avec une assez grande certitude que ces provinces sont à même d'exporter annuellement 37.000 wagons de planches de résineux, 30.000 wagons de planches et autre bois d'œuvre de hêtre et 141.000 wagons de bois de chauffage. A cela on peut ajouter une importante quantité de produits de la distillation du bois.

La valeur de ces exportations peut être évaluée très approximativement à 387.000.000 de lei.

La Bucovine pourrait aussi exporter au moins 20.000 wagons de bois pour une valeur de 100.000.000 de lei.

La valeur totale de l'exportation du bois de la Roumanie pourra donc atteindre la somme de 500.000.000 de lei chaque année.

Dès que les conditions du transport seront améliorées, la Roumanie pourra envoyer immédiatement son bois sur les marchés de l'Europe.

P. Antonesco,

Professeur à l'Ecole forestière de Bucarest,
Inspecteur général des forêts de Roumanie,
Ancien élève de l'Ecole nationale des Eaux et Forêts de Nancy.

BIBLIOGRAPHIE
ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Thompson (Sylvanus P.). — **Le Calcul intégral et différentiel à la portée de tout le monde.** *Traduit de l'anglais par* André-Eric Gérard. — 1 *vol. in*-16 *de* 290 *pages, avec fig.* (*Prix cart.* : 12 *fr.*). *Dunod et Pinat, éditeurs, Paris*, 1919.

« A la portée de tout le monde », doit certainement s'entendre ici de « tout le monde » qui possède non seulement les Mathématiques dites élémentaires, mais qui encore les possède assez bien pour s'en servir avec quelque succès. Il faut de plus, croyons-nous, avoir le goût des applications plutôt que celui des théories abstraites, le goût du résultat concret plutôt que celui des symboles et des formes, et enfin le désir de ne pas rechercher avant tout la rigueur du raisonnement, mais de s'adonner plutôt à l'étude pour ainsi dire pragmatique des faits mathématiques.

Alors, vraiment, pour ceux-là, ce livre est pleinement intéressant. Il marque une heureuse tentative de vulgariser la possession, par un minimum d'efforts, de cet admirable instrument qu'est le Calcul différentiel et intégral. Tout d'abord, il reste élémentaire d'exposition et ne craint pas de multiplier les exemples purement numériques avant d'arriver aux généralisations nécessaires. De cette façon, l'esprit n'est pas rebuté par le symbole trop hâtivement introduit et s'habitue à rechercher la chose sous le mot, la réalité sous la forme. Sans doute on n'y trouve pas la belle ordonnance d'une construction systématique rigoureuse. Mais on y apprend et vite à se servir des résultats essentiels et cela dans des domaines variés, physique, électricité, même électrotechnique.

Le livre n'a pas la prétention d'être un traité, même élémentaire, mais plutôt une initiation à une branche extrêmement importante des Sciences appliquées. Il est même écrit en un langage familier, parfois humoristique, et l'auteur sait décocher à l'occasion le trait acéré contre le savant professionnel, le pédant formalisme, les artifices compliqués. Lu ainsi avec facilité, il peut rendre de grands services au débutant, à l'étudiant en sciences, à l'autodidacte, qui y trouvera du reste une série d'exercices choisis, avec solutions. Il se lira aussi avec fruit par l'ingénieur, l'industriel, le praticien qui ont souvent besoin de rafraîchir les notions apprises à l'Ecole, enfin par tous ceux qui s'intéressent à la Science du calcul et savent que la pratique des exercices permet seule de se familiariser avec les cas particuliers si nombreux dans cette discipline qu'ils en font souvent un art plutôt qu'une science.

Nous apprenons que le succès de la traduction française corrobore celui qu'a obtenu le livre en Angleterre et en Amérique; souhaitons à cet égard que les erreurs typographiques qui émaillent la première édition au point qu'elles obligent à un contrôle constant des calculs, aient disparu de la troisième édition qui, paraît-il, s'annonce déjà.

E. Demolis,

Professeur à l'Ecole des Arts et Métiers, et à l'Ecole Supérieure de Commerce de Genève.

Izart (J.), *Ingénieur-conseil.* — **Méthodes économiques de combustion dans les chaudières à vapeur.** *4e édition complètement refondue.* — 1 *vol. in*-8° *de* XVI-383 *p. avec* 115 *fig.* (*Prix* : 25 *fr.* 50). *Dunod, éditeur, Paris*, 1920.

Dans les articles récents qu'il consacrait ici même à la crise du combustible et aux problèmes qu'elle soulève[1], M. A. Witz faisait ressortir avec force la nécessité et la possibilité d'une économie importante de charbon par une conduite plus rationnelle des opérations de combustion sur les grilles des chaudières à vapeur. C'est le problème que reprend avec tous les détails techniques M. Izart, dont l'ouvrage, cité à plusieurs reprises par M. Witz, est d'ailleurs classique, puisqu'il s'agit d'une 4e édition.

Profitant des expériences les plus récentes, l'auteur a fortement remanié son texte, qu'il divise aujourd'hui en 5 parties : 1° Principes de la combustion et de la vaporisation; 2° Production des calories; 3° Utilisation des calories et récupération; 4° Appareils pour le contrôle dans la chaufferie; 5° Exploitation et données numériques.

L'auteur s'est efforcé de multiplier les renseignements pratiques, et il a développé surtout les questions de contrôle de la chauffe, de mesures et d'instruments de mesures, d'organisation de l'exploitation d'une chaufferie et de recherche des prix de revient de la vapeur. A cet égard, son ouvrage rendra d'appréciables services.

C. M.

Devilliers (René), *Ingénieur de l'Ecole supérieure d'Aéronautique, Lauréat de l'Institut.* — **Le Moteur à explosions.** *2e édition, complètement modifiée, avec abaques de* M. R. Jamin. — 2 *vol. in*-4° *comprenant* x-916 *p. avec* 394 *fig., dont* 74 *abaques, et un liseur quadrillé en celluloïd* (*Prix* : 112 *fr.* 50). *Dunod, éditeur, Paris*, 1920.

La 2e édition de l'ouvrage de M. Devilliers présente avec la 1re, parue il y a trois ans à peine et analysée ici même[2], des différences considérables qui en font presque un ouvrage nouveau. Les titres des chapitres sont restés à peu près les mêmes, mais le contenu en a été considérablement enrichi, en partie à la suite des résultats des recherches auxquelles la guerre a donné lieu dans le domaine des moteurs à explosion. On s'en rendra compte par quelques chiffres : quoique le format de l'ouvrage ait augmenté de moitié, le nombre des pages a passé de 422 à 916 et celui des figures de 115 à 394.

Une partie de cet accroissement provient encore de l'adjonction de chapitres nouveaux. On trouvera, par exemple, une étude sur l'influence de l'altitude sur la puissance et la consommation des moteurs, question posée par les vols à grande hauteur, et qu'on a cherché à résoudre soit par la suralimentation, soit par la surcompression; un chapitre spécial est consacré au sujet, tout d'actualité, du turbo-compresseur. L'équilibrage du mono-cylindre et des moteurs à plusieurs cylindres, les jeux et tolérances, les métaux employés à la construction font également l'objet d'additions nouvelles.

Rappelons que, cet ouvrage étant écrit pour des praticiens, les données numériques y abondent; pour en faciliter la mise en œuvre, M. Jamin a dressé 74 abaques qui seront très appréciées.

Ce livre de vulgarisation théorique, que l'emploi des seules notions de Mathématiques élémentaires met à la portée du grand public, est appelé à rendre de grands services à une industrie qui se développe tous les jours davantage.

Heirman (Ed.). — **Calculs graphiques et analytiques du béton armé.** — 1 *vol. in*-8° *de* 208 *p. avec* 141 *fig.* (*Prix* : 18 *fr.*). *Dunod, éditeur, Paris*, 1920.

La circulaire ministérielle du 20 octobre 1906 a pro-

1. Voir la *Revue gén. des Sc.* des 30 janvier, 15 et 29 février et 15 mars 1920. Ces quatre articles viennent d'être réunis en volume (G. Doin, Paris, 1920).

2. Voir la *Revue gén. des Sciences* du 15 juillet 1918, p. 414.

voqué, dans la pratique, la codification en France de la méthode de calcul des ouvrages en béton armé.

Rédigée par l'Administration pour ses ingénieurs, elle a eu un objectif administratif, celui d'imposer une rédaction uniforme des projets, pour faciliter à ses agents la vérification et la comparaison des calculs.

Aussi, quoique la Commission qui a élaboré la circulaire s'en défende « en faisant remarquer que les formules et même les méthodes indiquées n'ont aucun caractère obligatoire et que toutes les autres méthodes, pourvu qu'elles soient rationnelles, seront admises par l'Administration », il n'en est pas moins vrai que le résultat obtenu est que la seule méthode acceptée soit celle de l'Administration.

Mais cette méthode ne saurait aider à déterminer la section résistante qu'à la suite de longs tâtonnements nécessitant chacun des calculs très pénibles, inadmissibles dans la pratique.

A cette méthode administrative, *a posteriori*, inapplicable, de nombreux auteurs, tout en s'inspirant des principes de la circulaire, ont cherché à substituer pour les praticiens du béton armé des méthodes également rationnelles conduisant à la détermination rapide et sûre de la position de la fibre neutre et des taux de travail du béton et de l'armature.

M. Heirman est un de ceux-là. Il présente dans son livre une méthode graphique nouvelle, une des plus heureuses que nous connaissions, pour la recherche de la fibre neutre dans les pièces soumises à la flexion simple ou composée et pour le calcul de ces pièces, méthode d'application facile.

A côté de cette méthode, l'ouvrage met entre les mains des ingénieurs des procédés de calculs également simples pour toutes les applications courantes du béton armé : planchers, poutres droites ou en arc, murs de soutènement, silos, fondations.

L'auteur a joint des exemples numériques à la fin de chaque chapitre qui permettent de mieux fixer dans l'esprit, en la rendant plus compréhensive, la conduite des calculs.

Les nombreux graphiques et tables contenus dans le volume faciliteront d'ailleurs les études préliminaires et la détermination des coefficients pratiques.

Enfin, voulant que l'ouvrage se suffise à lui-même, M. Heirman a résumé dans une annexe certaines notions indispensables en rappelant par exemple le tracé des polygones des forces et des polygones funiculaires et intercalé des tables pour les moments fléchissants, les moments d'inertie et les rayons de giration.

Il aurait pu, avantageusement, substituer à ces dernières des nomogrammes à points alignés, de même que pour la résolution de l'équation du 2° degré, quel que soit d'ailleurs l'intérêt et la simplicité de son procédé graphique. Du reste, il n'aurait pas manqué alors d'y joindre aussi le nomogramme à points alignés de l'équation du 3° degré portant le n° 23 de la circulaire pour la détermination de y.

Tel quel, le travail de M. Heirman offre un intérêt certain, tant par la simplicité de l'outil qu'il met dans les mains des ingénieurs, que par la documentation d'ensemble qu'il leur offre.

Ce livre sera donc, non seulement lu, mais consulté chaque jour par tous ceux qui s'occupent des projets d'ouvrages en béton armé, et sa place est tout indiquée dans la bibliothèque des bureaux d'études des entreprises de travaux publics. L. Potin.

Lévy-Salvador (P.), *Chef du service de l'Hydraulique agricole au Ministère de l'Agriculture.* — **Le rôle de l'utilisation des chutes d'eau dans l'extension de l'activité industrielle et agricole.** — *1 vol. in-8° de 112 pages avec 14 figures (Prix : 9 fr.). Dunod et Pinat, éditeurs, Paris,* 1919.

La Société d'Encouragement pour l'industrie nationale avait organisé au cours de la guerre, en 1915, une série de conférences relatives aux mesures à prendre pour assurer la reprise de notre activité industrielle et agricole, dès que les hostilités auraient pris fin; on confia à M. Lévy-Salvador l'étude du rôle qui serait dévolu à nos chutes d'eau, et il traita la question dans une communication, faite le 27 novembre, dont le compte rendu fut rapidement épuisé : la haute compétence de l'auteur, non moins que l'importance et l'actualité du sujet, en faisaient désirer une réimpression, qu'on entreprit en novembre 1918, en la revisant et la mettant à jour. Cette nouvelle édition ne trouvera pas moins de lecteurs que la première.

La question de l'utilisation de nos puissances hydrauliques est traitée complètement en un petit nombre de pages; le recensement de nos ressources nationales et l'indication de la répartition des chutes utilisables précède l'exposé de leurs modes d'aménagement et des difficultés qu'elles présentent. M. Lévy-Salvador présente ensuite la situation actuelle et l'avenir des stations hydroélectriques, en faisant ressortir ce qui a été fait durant la guerre et en caractérisant le rôle qui incombe à l'heure présente à l'Etat et à l'industrie privée. Il ne partage point l'avis que M. Victor Cambon avait exprimé dans une conférence faite aux Ingénieurs Civils et témoigne une grande confiance dans les mesures que l'Etat a déjà prises et dans celles qui sont projetées par lui : il s'attache en particulier à faire ressortir les avantages de l'organisation des Services hydrauliques du Ministère de l'Agriculture et de la législation nouvelle, inaugurée par le Ministère des Travaux Publics, d'après la loi du 6 novembre 1918, remplaçant celle de juillet 1870. Une annexe présente à l'appui de ces considérations l'exposé des motifs du projet de la loi de 1917, et un examen commenté de ses divers articles, relatifs à l'utilisation de l'énergie hydraulique : la reproduction de ces documents occupe 40 pages du livre, imprimées en caractères plus fins, et permet au lecteur de se rendre compte de la situation qui est faite désormais à notre industrie hydraulique.

Aimé Witz,
Correspondant de l'Institut.

2° Sciences physiques

Moreux (Abbé Th.), *Directeur de l'Observatoire de Bourges.* — **Comment prévoir le temps. Météorologie pratique.** — *1 vol. in-12 de 270 pages avec 46 fig. (Prix : 9 fr.). Dunod, éditeur, 47 et 49, quai des Grands-Augustins, Paris,* 1920.

M. l'abbé Moreux, ancien secrétaire général de la Commission météorologique du Cher, à laquelle il a donné une vive impulsion, a remarqué la ténacité montrée par certains observateurs qui s'astreignent à recueillir régulièrement les observations météorologiques; il a constaté le découragement qui s'emparait d'eux, après des années de travail, faute de n'être pas parvenus à utiliser leurs propres observations pour prévoir convenablement le temps. Afin de se mettre à portée de ces auxiliaires dévoués, dont l'instruction scientifique est souvent élémentaire et les moyens pécuniaires réduits, de recruter peut-être de nouveaux collaborateurs bénévoles, l'auteur a voulu condenser en un volume accessible à tous les éléments de la Météorologie et de la Climatologie, les lois générales actuellement déterminées qui régissent les phénomènes de l'atmosphère et les procédés employés pour utiliser au mieux les observations dans le problème de la prévision du temps. C'est un ouvrage de vulgarisation par sa composition et par sa rédaction.

Les six premiers chapitres traitent de la température, des vents, de la pression atmosphérique, de l'humidité et de la pluie, des nuages et des perturbations de l'atmosphère; ils sont établis sur le même plan : définition du phénomène, mode d'observation et instruments employés, particularités, variations, valeurs remarquables. L'ensemble de ces chapitres, complété par de petites tables et abaques pour la réduction des observations psychrométriques et barométriques, constitue une Météorologie élémentaire.

Les quatre chapitres suivants exposent le système actuel des cartes synoptiques employé pour la prévision rationnelle du temps : réception des dépêches par T. S. F., construction des cartes, interprétation des indications. Cette partie comprend une énumération ordonnée des indices qui servent de base aux prévisions soit de l'état général, soit des particularités intéressantes du temps. Les limites restreintes du volume n'ont pas permis à l'auteur de guider complètement le lecteur dans le choix judicieux des indices; il devra s'astreindre à faire des prévisions et à les vérifier avec le temps réel; il pourra s'aider des prévisions générales faites par le Bureau Central Météorologique publiées par la plupart des journaux; sa sagacité et ses facultés d'observation lui permettront d'arriver plus ou moins rapidement à un résultat satisfaisant. Depuis que l'auteur a écrit le chapitre relatif aux radiotélégrammes de la Tour Eiffel, des changements ont été apportés dans la composition des dépêches; les observateurs pourront demander les renseignements nécessaires au Service météorologique militaire qui est chargé de ce soin.

Le dernier chapitre renferme une collection choisie de nombreux proverbes anciens sur le temps. La valeur de ces dictons est très contestée; leur région d'origine est souvent inconnue et les dates auxquelles ils se rapportent fréquemment inexactes ou indéterminées. Ce chapitre de curiosités apporte aux observateurs patients des éléments de distraction par la vérification de l'exactitude de ces dictons dans leur région.

G. B.

Campbell (Norman Robert), *Sc. D. de l'Université de Leeds.* — **La Théorie électrique moderne. Théorie électronique.** *Ouvrage traduit sur la deuxième édition anglaise par* A. Corvisy, *Professeur agrégé des sciences physiques au lycée Gay-Lussac, Professeur suppléant à l'Ecole de Médecine et de Pharmacie de Limoges. Edition corrigée et augmentée par l'auteur.* — *1 vol. in-8° de 464 p. (Prix : 18 fr.). Librairie scientifique A. Hermann et fils, 6, rue de la Sorbonne, Paris,* 1919.

A l'heure actuelle, presque toutes les théories servant à expliquer les phénomènes électriques et même optiques sont basées sur la conception de l'électron.

Certes, dans bien des cas, les théories proposées sont insuffisantes pour rendre compte de tous les faits constatés par l'expérience et beaucoup d'entre elles devront subir d'importantes modifications avant d'être généralement acceptées. Aussi ne figurent-elles point dans les ouvrages classiques. Mais telles qu'elles sont, elles peuvent déjà conduire à des conclusions intéressantes et il est nécessaire à l'heure actuelle que tout physicien ait une connaissance générale de ces théories. La lecture du livre de Norman R. Campbell lui permettra d'acquérir cette connaissance générale sans être obligé de parcourir tous les ouvrages originaux.

Il ne s'agit point du reste d'un livre de vulgarisation ; il ne peut être lu avec fruit que par des gens déjà engagés depuis un certain temps dans l'étude des sciences physiques et sa lecture serait même assez pénible à de jeunes étudiants.

L'ouvrage se divise en trois parties.

La première, consacrée à la théorie électronique proprement dite, nous montre comment la conception du corpuscule électrique permet d'expliquer les phénomènes constatés dans les diélectriques, dans les métaux, la conductibilité des gaz, les phénomènes magnétiques et magnéto-optiques.

La deuxième, intitulée : Rayonnement, commence par une description des phénomènes radio-actifs, suivie d'un exposé de la théorie de la lumière hétérogène, de l'origine des spectres, et des théories du rayonnement. Elle finit par l'étude des rayons β et des rayons X.

La troisième partie montre comment l'extension de la théorie électronique a conduit à l'explication de certaines propriétés de la matière d'ordre calorique, optique ou chimique, puis l'auteur nous fait connaître diverses hypothèses relatives à la structure de l'atome. Enfin, dans un dernier paragraphe, il aborde les propriétés des systèmes en mouvement et expose le principe de relativité.

Etant donnés les progrès rapides de la science, on ne saurait demander à un semblable ouvrage de nous faire connaître les travaux les plus récents ; c'est ce qui explique qu'il ne fasse pas mention de certaines études et de certaines théories relatives aux rayons X.

On peut regretter aussi que l'auteur n'ait pas cru devoir développer davantage la théorie de l'atome de Bohr, qui semble devoir se montrer si fructueuse.

Mais ce sont là de bien légères critiques qui n'ôtent rien au mérite de cet ouvrage, dont on ne saurait trop recommander la lecture.

R. Jouaust,

Chef de travaux au Laboratoire Central d'Electricité.

Fleming (J. A.), *Professeur à l'Université de Londres.* — **The principles of electric wave Telegraphy and Telephony.** *4e édition. — 1 vol. in-8° de 707 p. avec nombreuses fig. et 7 pl. (Prix cart. : 42 sh.). Longmans, Green and Co, éditeurs, Londres,* 1919.

L'excellent ouvrage de M. Fleming sur la télégraphie et la téléphonie sans fil est bien connu de tous les spécialistes. Nous en présentons ici la quatrième édition, parue à Londres en 1919.

Cette édition a conservé la forme, et, à peu de chose près, l'ampleur des précédentes. On peut s'y renseigner aussi bien sur les propriétés générales des circuits oscillants que sur les ondes électriques et leur propagation. Les considérations théoriques y trouvent leur place, à propos de chaque problème particulier, mais la plus large importance est laissée aux méthodes de mesure, à la description et au fonctionnement des divers appareils d'émission et de réception.

On se serait attendu, dans une édition aussi récente, à voir développer plus complètement les gros progrès contemporains de la télégraphie sans fil : postes d'émission de grande puissance à ondes entretenues, propriétés et applications des appareils à lampes. Et on est un peu surpris de constater que l'exposé des applications de l'audion occupe moins de 10 pages, alors que 20 pages sont consacrées au cohéreur et une trentaine aux autres détecteurs. Les quelques pages consacrées à l'arc Poulsen ou aux alternateurs de haute fréquence paraissent également bien courtes, quand on réfléchit à l'importance pratique actuelle de ces sources d'oscillations électriques. Malgré ces défauts d'équilibre, dus sans doute à la difficulté d'un remaniement total de l'ouvrage, celui-ci conserve toutes les qualités qui ont fait le succès des éditions antérieures : clarté de l'exposé, abondance des schémas, des figures, des résultats numériques. Il reste une source de documentation de premier ordre et continuera sans aucun doute à rendre les plus grands services.

Eugène Bloch.

Szarvady (G.), *Chargé du cours d'Electricité industrielle à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures.* — **Théorie des enroulements des machines à courant continu.** — *1 vol. in-8° de 137 p. avec 36 fig. et diagrammes (Prix : 13 fr. 50). Dunod et Pinat, éditeurs, Paris,* 1919.

Exposé analytique de la théorie d'Arnold, d'une grande généralité. L'auteur en tire, ce qui paraît avoir échappé à Arnold, les formules qui permettent de déterminer les emplacements des balais sur le collecteur ainsi que le nombre, la répartition et les numéros d'ordre des sections en court-circuit, sans qu'il soit nécessaire de recourir aux tableaux et schémas usuels, d'une confection si laborieuse.

Le livre commence par une théorie élémentaire, dont l'application nécessite dans chaque cas particulier un tableau spécial pour les balais et un diagramme spécial

pour les éléments en court circuit. Une théorie générale donne ensuite le tracé des diagrammes indépendants du nombre des lames du collecteur et du pas d'enroulement.

Ce livre, tout en étant purement théorique, aurait gagné beaucoup au point de vue didactique, si l'auteur avait parlé quelque peu des réalités concrètes de la construction moderne des enroulements à induit denté en tambour et s'il ne s'était pas tenu exclusivement dans le domaine des formules. La partie originale du travail aurait pu être écourtée pour l'enseignement, les développements étant réservés pour un article de revue.

R. Swyngedauw,
Directeur de l'Institut Electrotechnique de Lille.

Lespieau (R.), *Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.* — **La Molécule chimique.** — 1 *vol. in*-16 *de* 286 *pages de la* Nouvelle Collection scientifique (*Prix* : 4 *fr.* 90). *Librairie Félix Alcan, Paris*, 1920.

M. Lespieau a pensé que le moment était propice, alors que les découvertes modernes vont peut-être nous amener à modifier quelque peu nos idées sur la constitution chimique des molécules, pour jeter un regard en arrière sur les étapes successives de ces notions.

Il nous montre l'influence considérable des idées très justes de Dalton, qui auraient été capables à elles seules de conduire au système actuel des poids atomiques. Ce n'est que par une extension des règles formulées par Dalton que Berzélius est arrivé à établir sa liste de poids atomiques déjà remarquablement exacte. La théorie de Gay-Lussac ne pouvait pas encore être d'une grande utilité au savant suédois, mais elle fut ensuite la base de l'hypothèse d'Avogadro.

L'idée de type, en germe chez un grand nombre de chimistes, se développa peu à peu, fut généralisée et mise en valeur par Gerhardt ; la notion de valence se dégagea de celle de radicaux, et de celle des radicaux on passa ensuite à celle des éléments. Puis, les formules développées ne suffisant pas à expliquer le nombre des isomères, on fit appel à la stéréochimie.

Sans doute les formules que nous utilisons actuellement ne permettent pas de représenter toutes les propriétés des corps, parce qu'elles ne nous donnent encore qu'une image grossière de la réalité, mais elles ont rendu d'immenses services, pour la Chimie organique surtout où elles ont été d'une fécondité rare, et en attendant de posséder un instrument plus parfait, il faut tirer de nos hypothèses tout le parti possible.

J. Labrousse.

Anglès d'Auriac (Lt-Cl), *Ingénieur en chef des Mines, Professeur à l'Ecole des Mines de Paris.* — **Leçons de Sidérurgie,** *professées à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne.* — 1 *vol. in*-8° *de* 714 *p. avec* 205 *fig.* (*Prix* : 55 *fr.* 50). *Dunod, éditeur, Paris*, 1920.

La récente guerre a mis en évidence d'une façon saisissante l'importance de la métallurgie, tout particulièrement de celle du fer. Mais, dans la période de paix qui s'ouvre devant nous, le rôle du fer n'en continuera pas moins à être primordial : la métallurgie du fer a comme tributaires toutes les autres industries, et, comme l'a dit M. Guillain, elle est le baromètre de la prospérité industrielle d'un pays. Grâce à la réintégration de la Lorraine annexée, la France peut redevenir le premier pays sidérurgique de l'Europe. Tout ce qui touche à la métallurgie du fer intéresse donc les Français au premier chef, et c'est à ce titre que l'ouvrage du Lt-Cl Anglès d'Auriac mérite d'être tout particulièrement signalé.

Cet ouvrage reproduit, d'après le manuscrit et les notes laissés par l'auteur, malheureusement décédé depuis lors, le cours de Sidérurgie qu'il a professé à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne en 1917-1918.

Après une introduction sur les combustibles employés en sidérurgie, qui fait ressortir la nécessité de les soumettre à une transformation préalable avant de les utiliser, l'auteur étudie les deux industries de la fabrication du charbon de bois (en meules et en fours) et de la fabrication du coke métallurgique, en insistant tout particulièrement sur les fours modernes à récupération des sous-produits.

La première partie de l'ouvrage est consacrée à la préparation de la fonte au haut-fourneau. Elle est introduite par des notions sur les principaux minerais de fer, leur préparation et leur grillage, puis par une étude de la constitution des fontes, de leur diagramme d'équilibre, de leurs propriétés et de leur classification, enfin par un exposé très détaillé des réactions qui s'accomplissent dans le haut fourneau, de l'influence des différents facteurs qui interviennent dans ces réactions et enfin du bilan thermique de l'opération. L'auteur peut alors entrer dans la partie proprement technique de la fabrication par l'étude de la forme du haut fourneau, de sa construction, des appareils de chargement et de prise de gaz, des monte-charges et accumulateurs, des appareils à chauffer le vent, des machines soufflantes, des canalisations de vent, du travail du haut-fourneau et enfin de l'utilisation des gaz d'échappement.

La seconde partie de l'ouvrage est relative à la fabrication des aciers. Après quelques pages sur les mélangeurs et sur l'épuration et la seconde fusion de la fonte, l'auteur aborde l'étude générale des procédés de fabrication de l'acier. Ceux-ci sont, comme on le sait, les suivants : 1° affinage de la fonte par le vent, au convertisseur (procédé Bessemer, au convertisseur à garnissage acide, et procédé Thomas, au convertisseur à garnissage basique) ; 2° affinage sur sole, au four Martin acide ou basique ; 3° affinage au four électrique ; 4° fusion au creuset ; 5° affinage au bas-foyer ou par puddlage. M. Anglès d'Auriac les examine en détails, à l'exception du troisième. Les trois procédés Bessemer, Thomas, Martin se partagent aujourd'hui presque entièrement la production mondiale d'acier brut ; encore le dernier fait-il sans cesse des progrès sur les deux autres, et les procédés basiques prédominent-ils sur les procédés acides ; aussi l'auteur croit-il que le procédé Martin basique restera la clef de voûte de la sidérurgie moderne, et il en donne les raisons dans un aperçu très intéressant sur l'évolution des grands procédés sidérurgiques. Le four électrique, qui n'en est encore qu'à ses débuts en sidérurgie (et c'est sans doute pour cela que l'auteur ne le signale qu'en passant), pourrait seul, en limitant son rôle au finissage de l'acier de conversion, apporter un appui au convertisseur menacé par le four à sole.

Ce qui augmente encore l'intérêt de l'ouvrage, c'est le grand nombre de données économiques et statistiques qu'il renferme, et l'étude détaillée des prix de revient de tous les procédés décrits par l'auteur.

C. Maillard.

Lecocq (Eugène et Louis). — **Les Fours à coke.** Etude théorique et pratique. — 1 *vol. in*-8° *de* IV-459 *pages, avec* 108 *figures et planches* (*Prix* : 45 *fr.*). *Dunod et Pinat, éditeurs, Paris*, 1919.

L'important ouvrage des frères Lecoq représente un gros effort en vue de documenter ceux qui s'intéressent à la question des fours à coke. La littérature concernant cette spécialité est remarquablement pauvre, tout au moins en ouvrages d'ensemble, car les travaux isolés sont au contraire très nombreux. Les « Fours à coke » complètent cette lacune d'une façon excessivement heureuse. Le plan d'ensemble est très bien conçu, l'ouvrage est abondamment illustré au moyen de croquis très clairs et bien exécutés.

Les auteurs ont donné à la partie historique le développement juste suffisant pour permettre au lecteur de se rendre compte de l'évolution subie par les fours à coke ; ils ont su éviter le travers d'une compilation fastidieuse et complètement inutile.

La partie technique proprement dite est très complète, presque tous les travaux importants concernant cette

question s'y trouvent exposés et discutés avec un esprit critique averti. Le chapitre « Etude du chauffage des fours à coke » fournit toutes les données nécessaires pour étudier et estimer la valeur d'un système de fours à coke. Ce côté théorique de la question est malheureusement à peu près inconnu de certains constructeurs, qui sont plutôt des « poseurs de briques » que des spécialistes de la science du chauffage; à ceux qui ont à décider du choix d'un type de fours à coke, la lecture de ce chapitre évitera bien des mécomptes.

Les auteurs ont réuni dans un chapitre spécial les lois relatives au mouvement des gaz et à la transmission de la chaleur, en les étudiant tout particulièrement au point de vue de leurs applications dans les fours à coke.

L'étude systématique des fours à coke comporte une description assez complète, accompagnée d'une étude critique des principaux modèles de fours à coke existant actuellement. Il est regrettable que cet ouvrage, conçu avant la guerre, ne mentionne pas les fours à coke français, que nous serions heureux de voir se développer en remplaçant, pour la reconstitution des cokeries des régions sinistrées, les fours à coke d'origine étrangère. Les auteurs, qui sont des praticiens ayant fait leurs preuves, indiquent les défauts inhérents à chaque type de fours, défauts que l'expérience a confirmés et qui enlèvent à certains fours presque toute valeur pratique.

Comme les auteurs sont les créateurs d'un type de four d'ailleurs très bien conçu, ils sont évidemment pleins d'indulgence pour leur œuvre. Le lecteur utilisera les connaissances acquises par la lecture de l'ouvrage pour étudier et critiquer le four « Lecocq » avec un esprit plus libre que ne pouvaient l'avoir les auteurs.

Il est un point, cependant, que les auteurs de cet ouvrage, qualifié par eux de pratique, ont négligé. C'est le soin qui doit être apporté à la construction. Les sociétés qui font construire des fours à coke n'établiront jamais une surveillance trop active, exercée par des employés compétents, sur la façon dont le travail de construction est exécuté; une négligence d'un instant peut être cause de graves défectuosités qui interviendront tant que durera la batterie. C'est là un point absolument capital.

En résumé, l'ouvrage de MM. Lecocq, écrit par des spécialistes praticiens, est à recommander. Sa lecture attentive permettra à ceux qui ont à choisir un type de fours d'éliminer les propositions de constructeurs dont les fours ne pourront jamais donner de bons résultats, et à ceux qui ont à conduire des fours d'en comprendre le fonctionnement d'une façon plus complète.

M. Desmarets.

3° Sciences naturelles

Annuaire général de Madagascar et dépendances. 1919 (Supplément à l'Annuaire 1918). — 1 *vol. in-8° de* 309 *p. Tananarive, Imprimerie officielle.*

Les Annuaires publiés dans nos diverses colonies présentent une importance documentaire dont, nous semble-t-il, on ne se rend pas toujours suffisamment compte; ils constituent l'une des sources les plus sûres auxquelles on peut se référer pour juger de l'organisation et du degré de développement de chacune d'elles, de ses ressources et de sa mise en valeur actuelle, et des avantages qu'elle peut offrir pour ceux qui voudraient s'y rendre. Le nouvel Annuaire général de Madagascar et dépendances, paru pour 1919, nous en donne un exemple frappant.

Après la partie purement administrative qui nous fait connaître tout l'ensemble des services établis, une seconde partie, tenant beaucoup plus de la moitié du livre, renferme toute une suite de renseignements généraux d'ordre commercial, agricole et industriel, qui sont ceux les plus nécessaires à connaître pour tous les colons. Nous y trouvons tout ce qui se réfère aux transports maritimes desservant la colonie, à ses ports et rades, aux voies de communication intérieures, aux relations postales et télégraphiques. Le régime des concessions territoriales y est indiqué. Un chapitre très important et très précis est ensuite consacré à la colonisation, au commerce et à l'élevage, puis un autre aux mines. Un exposé des statistiques douanières vient compléter cette étude. On peut donc avoir par cet ouvrage toutes les notions essentielles et tous les chiffres susceptibles de guider les entreprises, et les aperçus donnés sur les produits qui alimentent ou peuvent alimenter le commerce d'exportation montrent bien toute l'étendue des ressources naturelles de la Grande Ile et de ses dépendances. Nous souhaiterions que ces sortes de publications soient plus répandues qu'elles ne le sont.

G. Regelsperger.

Buttgenbach (H.). — **Les Minéraux et les Roches.** Etudes pratiques de Cristallographie, Pétrographie et Minéralogie. 2° *édition.* — 1 *vol. in-8° de* XVII-552 *p. avec* 498 *fig. et* 1 *pl.* (*Prix :* 37 *fr.*50). *H. Vaillant-Carmanne, Liége; Dunod, Paris,* 1919.

La Minéralogie utilise les ressources des sciences mathématiques, physiques et chimiques pour l'étude des propriétés des minéraux qui occupent une place importante dans l'histoire naturelle. Chaque jour interviennent de nouvelles méthodes d'observation qui donnent plus de précision à cette science, mais par cela même, ceux qui la cultivent doivent posséder des connaissances de plus en plus complexes. Il en résulte que le nombre des adeptes de la Minéralogie a beaucoup diminué depuis quelque trente ans, au moment même où les besoins croissants des produits extraits du règne minéral et où l'exploration des régions lointaines rendraient plus nécessaire la diffusion de la connaissance pratique des minéraux.

Beaucoup de naturalistes, de voyageurs, d'ingénieurs, de prospecteurs qui, par curiosité, ou par nécessité professionnelle, sont attirés vers la Minéralogie sont bientôt rebutés par l'appareil théorique des traités classiques de cette science. Un ouvrage était nécessaire qui leur fournit tout ce qu'il est indispensable de savoir, mis sous une forme attrayante et à la portée de ceux qui n'ont qu'une culture scientifique élémentaire. C'est cet ouvrage de haute vulgarisation que s'est proposé d'écrire M. H. Buttgenbach : élève de M. Cesaro, le distingué professeur de Liége, et par suite rompu à la discipline théorique, ingénieur habile, qui a exploré le Congo belge et étudié ses minéraux avec succès, M. Buttgenbach était bien à même de connaître les besoins de ceux auxquels il s'adresse et très apte à se mettre à leur portée.

Son livre comprend un exposé très clair de tout ce qu'il est utile de connaître en cristallographie géométrique pour pouvoir comprendre un cristal, sans faire usage de formules mathématiques; un long chapitre est consacré aux propriétés optiques considérées au point de vue pratique, puis les autres propriétés physiques, des notions élémentaires sur la composition chimique des minéraux sont passées en revue. Enfin, dans une partie descriptive, qui constitue la plus grande partie de l'ouvrage, les principaux minéraux sont étudiés avec le souci de mettre en évidence les caractères susceptibles de conduire à leur détermination rapide. Des figures, spécialement dessinées en vue de ce livre, des tableaux dans lesquels les minéraux sont ordonnés en fonction des diverses propriétés physiques sont particulièrement utiles.

La partie faible de l'ouvrage consiste dans les chapitres consacrés à la pétrographie; ils sont trop sommaires; ils auraient besoin d'être complétés et parfois rectifiés. Ce sera l'œuvre de demain, car il n'est guère douteux que le public auquel est destiné cet ouvrage ne lui fasse bon accueil et rende nécessaire une nouvelle édition.

A. Lacroix,
Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

Legendre (R.), *Docteur ès sciences.* — **Alimentation et Ravitaillement.** *Préface de M.* Ch. Richet, *membre de l'Institut.* — 1 *vol. in-8° de* 327 *p. de la collection* : « Les Leçons de la guerre » (*Prix* : 8 *fr.*). *Masson et Cie, éditeurs, Paris*, 1920.

« Le problème de l'alimentation est de tous les temps, de tous les jours ; il intéresse la nation d'abord, parce que « le pain est le premier besoin du peuple » et qu'il conditionne sa santé et sa vie, et ensuite parce qu'en partie il occupe ses transports, détermine son commerce, règle sa richesse. »

Ces lignes, que nous empruntons à l'ouvrage même de M. R. Legendre, résument très nettement l'importance du sujet traité. Si la guerre mondiale, avec sa durée de cinq années, la mobilisation de 30 millions d'hommes, la dépense inouïe de munitions, de matériel de guerre, la destruction d'une partie de la marine marchande, a posé le problème avec une acuité extrême, la crise actuelle se continuant deux ans après la cessation des hostilités montre que l'intérêt de cette étude n'est pas affaibli.

M. Legendre s'est trouvé très intimement engagé, au Ministère des Inventions, dans une série de recherches et d'études sur toutes les questions d'alimentation. Secrétaire du Comité spécial de la Société de Biologie, il a été à même de collationner de nombreux documents et il a pu mettre à profit également ceux qui ont été apportés par la Commission scientifique interalliée du Ravitaillement, dont le rôle, trop oublié de nos fonctionnaires, a certainement été utile, et aurait pu l'être plus encore, sans les résistances et la force d'inertie des administrations.

Il est indispensable que le public, c'est-à-dire la masse des consommateurs, ait une notion saine du problème alimentaire, des conditions physiologiques nécessaires et suffisantes qui doivent être remplies pour assurer le fonctionnement normal de l'organisme humain. Ajoutons que, sauf quelques cas exceptionnels, c'est beaucoup plus la mauvaise répartition des ressources et le gaspillage qu'un manque réel d'aliments qui provoquent les crises de ravitaillement.

La physiologie de la nutrition est traitée très heureusement, avec des déductions pratiques sur la valeur économique des divers aliments (prix des 100 calories évalué en centimes).

Le chapitre II est consacré aux données statistiques du ravitaillement. L'auteur, utilisant surtout les travaux de la Commission scientifique interalliée, expose les besoins et les ressources des collectivités constituées par les pays alliés, et met en évidence des faits encore trop mal connus : tel le gaspillage effréné de nos ressources, la ration moyenne doublant en 80 ans, passant de 1.600 à 3.000 calories de 1832 à 1912, si toutefois ces chiffres sont exacts ; car, s'il est relativement possible d'établir le bilan alimentaire d'une grande ville, encerclée par un mur d'octroi, il est impossible de connaître les dépenses des populations rurales et surtout la répartition des denrées entre l'homme et les animaux.

Dans le chapitre III, l'auteur étudie le ravitaillement pendant la guerre, l'intervention nécessaire évidemment, mais trop souvent incohérente, inintelligente, des Pouvoirs publics, comme cette malheureuse taxation des blés indigènes, dont le résultat fut une diminution formidable de la production de cette céréale indispensable et la nécessité d'acheter à des taux de plus en plus onéreux nos blés à l'étranger.

La longue énumération des décrets, arrêtés, circulaires modifiant le commerce des denrées alimentaires suffit pour se rendre compte des atermoiements, des fausses manœuvres qui caractérisent l'activité de notre Administration. Nous devons toutefois reconnaître que cette dernière est en droit de plaider les circonstances atténuantes, que les difficultés étaient énormes avec l'arrêt ou le coulage des navires affrétés, la crise des transports, exagérée par la mainmise des commissions militaires incompétentes dans l'organisation d'un trafic commercial.

L'auteur, après cette étude si documentée, aborde le problème actuel : Que faut-il faire ? Il faut produire, mais quoi ? Est-ce du côté de l'industrie, du commerce ou de l'agriculture que le maximum d'effort doit être dirigé. Tout en laissant à d'autres le soin de faire le partage équitable entre l'agriculture et l'industrie, Legendre montre que, même au point de vue de l'agriculture, le problème est encore complexe : faut-il cultiver intensivement le blé aux dépens de l'élevage, ou bien au contraire acheter des céréales, des tourteaux à l'étranger pour les transformer en viande ? Pendant la période de guerre, quand les mers étaient presque fermées, la question était scientifiquement résolue : puisqu'un kilogramme de viande exigeait jusqu'à 10 kilogs de matériaux utilisables par l'homme, la transformation devait être radicalement interdite ; mais avec la paix, le problème devient d'ordre économique.

Quoi qu'il en soit, il faut dire avec Legendre : Pour manger, vivre et prospérer, produisons, travaillons.

Si les volumes annoncés dans la collection « Les leçons de la guerre » sont aussi documentés, aussi profondément pensés que ce premier volume, nous pouvons prévoir un réel succès à cette publication de la maison Masson.

J. P. Langlois,
de la Commission scientifique interalliée du Ravitaillement.

Dufestel (Dr. L.). — **La Croissance.** — 1 *vol. in-18 de* 303 *pages, avec* 20 *fig. de l'*Encyclopédie scientifique (*Prix cart.* : 8 *fr.* 50). *G. Doin, éditeur, Paris*, 1920.

Le volume que voici résume ce que l'on sait des lois de la croissance chez l'espèce humaine. L'auteur, qui s'occupe beaucoup de l'hygiène scolaire, après avoir indiqué rapidement les causes très diverses pouvant influencer le développement : causes héréditaires, causes générales, causes sociales, et morbides, expose quelles mensurations doivent être faites pour apprécier la marche de la croissance, leur valeur, le coefficient de robusticité, etc. Puis il indique à grands traits ce que doit être le développement des différentes parties du corps, pour exposer ensuite ce qu'on peut appeler le développement post-embryonnaire des organes, après quoi il expose ce que doit être la croissance physiologique, c'est-à-dire les modifications du fonctionnement des principaux organes pendant la croissance.

Un chapitre particulièrement intéressant est consacré à l'étude de l'influence des glandes endocrines sur la croissance : il est, toutefois, trop court au gré du lecteur. Mais, dans une nouvelle édition, il pourra être allongé. Cette influence est considérable, et peut-être un jour pourra-t-elle être utilisée en thérapeutique, pour favoriser la croissance. Mais nous n'en sommes pas là, à beau coup près.

Sur les périodes de la croissance, l'auteur reproduit les derniers résultats de travaux devenus classiques, dus aux divers médecins et anthropologistes qui ont étudié la question. Il a très bien fait d'introduire dans son livre un chapitre qui ne figure d'habitude pas dans les œuvres consacrées à la croissance : un chapitre sur la croissance psychique, assez étendu au reste, et divisé en plusieurs sous-chapitres offrant pour le médecin, et pour les parents aussi, tout autant d'intérêt que les pages consacrées à la croissance anatomique, ou fonctionnelle. La transcription de l'échelle métrique de l'intelligence de Binet-Simon rendra des services certainement pour l'appréciation, en gros, de l'état psychique selon l'âge, par les parents.

Le Dr Dufestel donne en passant beaucoup d'indications intéressantes et utiles : ainsi, il fait observer que l'exercice n'est pas toujours favorable à la croissance. Il parle aussi de l'influence — souvent favorable — de certaines maladies sur la croissance. Mais on constatera avec regret que — sans doute parce que cela ne se

peut pas — l'auteur n'a pas d'indications thérapeutiques à donner pour les cas où il serait désirable de stimuler la croissance. On a pourtant écrit des articles et des livres sur l'art de provoquer celle-ci, ou du moins de la hâter. Ne reposaient-ils donc sur rien ? C'est sans doute l'avis de l'auteur, qui est fort bien renseigné, et dont l'œuvre est très nourrie et intéressante.

H. DE VARIGNY.

4° Sciences médicales

Morelli (Juan B.), *Professeur de Clinique thérapeutique à la Faculté de Médecine de Montevideo.* — **Pneumotorax artificial y otras intervenciones en la tuberculosis pulmonar.** ESTUDIO CRITICO Y CLINICO, *Fasc.* I *et* II. — 2 *vol. in-8° comprenant* 1247 *pages avec* 61 *fig. et* 8 *pl. hors texte. Imprenta nacional, Montevideo,* 1918-1919.

C'est un travail considérable, et qui n'a, croyons-nous, d'équivalent dans aucune autre langue, que le Prof. J. B. Morelli a consacré à la méthode du pneumothorax artificiel et à quelques autres interventions dans le traitement de la tuberculose pulmonaire.

C'est en 1882 que le médecin italien Forlanini, après avoir montré que le principal facteur de la transformation caséeuse des foyers bacillaires du poumon réside dans l'existence des mouvements pulmonaires, proposa, pour traiter la phtisie arrivée à cette période, d'immobiliser le poumon par la création d'un pneumothorax artificiel. Cette méthode, d'abord vivement critiquée, a pourtant trouvé un certain nombre de partisans et les résultats favorables qu'elle a donnés dans certaines conditions ont abouti à une mise en pratique de plus en plus fréquente, tant en Europe qu'en Amérique.

La littérature actuelle sur le sujet est fort volumineuse. M. Morelli a réuni pour sa part plus de 600 travaux, et de leur étude critique ainsi que de l'examen clinique personnel qu'il a pu faire de quelques cas ainsi traités par lui, il a tiré les éléments de son ouvrage. Dans l'impossibilité d'en donner une analyse détaillée, nous indiquerons tout au moins les principaux sujets abordés :

I. Historique.
II-III. Technique et appareils pour la production du pneumothorax.
IV-VI. Physiologie pathologique du pneumothorax artificiel.
VII-VIII. Objet et marche du traitement.
IX. Données manométriques.
X. Effets immédiats sur le malade.
XI. Sémiologie du pneumothorax artificiel.
XII. Les adhérences et leur importance pour le traitement.
XIII-XIV. Action sur l'autre poumon.
XV. Continuation et fin du traitement.
XVI-XIX. Complications du traitement.
XX-XXI. Les accidents et leur traitement.
XXII-XXIII. Indications et contre-indications.
XXIV. Résultats du traitement.
XXV. Résultats des recherches anatomiques et de l'expérimentation.
XXVI. Théories de la méthode.

L'auteur a complété avec raison son exposé du pneumothorax artificiel par un aperçu des autres méthodes d'intervention qui ont été proposées pour le traitement de la tuberculose pulmonaire. Elles forment les chapitres XXVII à XXX et comprennent, entre autres : les résections costales et la phrénicotomie, le plombage extrapleural, l'apicolyse simple, la libération de la partie supérieure du thorax.

Œuvre d'un esprit pondéré, doué d'un sens critique assez averti, le travail du Prof. Morelli sera lu avec fruit par tous ceux qui veulent essayer de se rendre compte de la valeur de la méthode de Forlanini dans le traitement de la phtisie.

Dr A. WAUCLIN.

Lecointre-Patin (R. et J.). — **L'Eau pure. Protection et purification des eaux de boissons.** — 1 *vol. in-12 de* 270 *p. avec* 119 *fig.* (*Prix* 6 *fr.* 50). *Librairie Larousse,* 15-17, *rue du Montparnasse, Paris,* 1920.

Cet ouvrage cherche à être une mise au point très claire de la question des eaux potables à l'usage des personnes qui veulent connaître le problème de l'eau pure.

Nous lui ferons un reproche : c'est de n'être au courant que de la Science d'avant guerre et d'avoir négligé ce qui a été fait depuis. C'est très regrettable, car pour les personnes qui veulent avoir une culture générale la lecture de ce livre est très facile, attrayante même et les auteurs n'ont certainement pas eu, en l'écrivant, d'autres prétentions qu'à être lus facilement.

F. DIÉNERT,
Chef du Service de Surveillance des Eaux de Paris.

5° Sciences diverses

Varendonck (J.), *Chargé de cours à la Faculté internationale de Pédologie de Bruxelles.* — **La Psychologie du témoignage.** — 1 *vol. in-8° de* 196 *p. Maison d'éditions et d'impressions anc. Ad. Hoste,* 21-23, *rue du Calvaire, Gand,* 1914.

Dans quelle mesure le témoignage d'un individu sain, d'entière bonne foi et fermement décidé à ne dire que la vérité, peut-il être considéré comme la relation exacte des faits sur lesquels il porte ? telle est la question que les historiens, d'abord, se sont posée, puis que, dans le dernier quart de siècle, les psychologues se sont efforcés de résoudre. Dans ce domaine comme dans beaucoup d'autres, c'est un Français, A. Binet, qui a été l'initiateur ; mais c'est un Allemand, W. Stern, professeur à l'Université de Breslau, qui, dans un retentissant article publié en 1902 et donnant les résultats d'une série d'expériences originales sur la fidélité du souvenir, a jeté les bases de la « science pratique du témoignage », entrevue par son prédécesseur, et qui a donné à la nouvelle discipline un organe, les *Beiträge zur Psychologie der Aussage* (aujourd'hui réunis à la *Zeitschrift fur angewandte Psychologie*), et c'est en Allemagne qu'ont paru en ces dernières années presque tous les travaux que ces questions ont suscités. C'est pour les mettre à la portée du public de langue française que M. Varendonck a livré à la publicité la partie du cours, relative à ce sujet, qu'il professait avant la guerre à la Faculté internationale de Pédologie de Bruxelles.

Après un aperçu historique et un rappel des premiers travaux de Binet sur la suggestibilité et de Stern et son école sur la fidélité du souvenir, l'auteur se livre à une analyse critique des méthodes employées par les différents auteurs qui se sont occupés du témoignage. Elles sont au nombre de deux : l'*observation* et l'*expérimentation*. Pour instructive qu'elle puisse être, l'observation des nombreux cas fournis par les annales judiciaires, l'histoire, la vie de tous les jours, paraît à elle seule incapable de déterminer dans le détail la nature et le jeu des processus qui interviennent dans le témoignage. L'avantage de l'expérimentation, dont la plupart des auteurs se sont servi, est de permettre la confrontation du témoignage avec le fait sur lequel il porte ; il convient donc de choisir, en général, des objets durables, permanents ou faciles à reproduire, — image, représentation cinématographique, scène réglée d'avance, — qui permettent une comparaison précise avec les déclarations du témoin et donnent le moyen d'apprécier rigoureusement l'exactitude de celui-ci. — La forme de la déposition a aussi une grande influence sur la valeur du témoignage. Le *récit spontané* a l'avantage de mettre le sujet à l'abri de toute suggestion ou d'influences étrangères ; il permet de recueillir, sous forme de dépositions écrites, un grand nombre de documents en un temps minimum. L'*interrogatoire* oblige le sujet à fouiller sa

mémoire jusqu'au fond, mais il fait intervenir la suggestion, et la précision des réponses est loin d'être toujours rigoureuse. On peut d'ailleurs employer concurremment les deux méthodes. — L'analyse des dépositions permet d'apprécier un certain nombre de rapports, qui ont reçu les appellations de : *fidélité* = rapport des réponses justes aux réponses totales ; *étendue du témoignage* = rapport des réponses déterminées aux réponses totales ; *assurance* = rapport des réponses certifiées avec fermeté aux réponses totales ; *assurance justifiée* = rapport des certitudes justes aux certitudes totales; *tendance au serment véridique* = rapport des réponses jurées justes aux réponses totales; *tendance au faux témoignage*, qui est la contre-partie de la précédente; *fidélité du serment* = rapport des réponses jurées justes aux réponses jurées totales ; etc.

M. Varendonck expose ensuite les faits que l'on peut aujourd'hui considérer comme acquis par l'étude du témoignage. Nous en signalerons quelques-uns à titre d'exemples : Un témoignage entièrement fidèle n'est pas la règle, mais l'exception. — Il n'y a pas de parallélisme constant entre l'étendue et la fidélité du témoignage. Le plus souvent, la fidélité diminue à mesure que l'étendue du témoignage augmente. — Le temps paraît en général exercer une influence défavorable sur la valeur du témoignage. — La fidélité du serment est médiocre. En moyenne, le dixième des données jurées est faux. — Les personnages et les éléments vraiment expressifs, ainsi que les rapports spatiaux qu'ils soutiennent mutuellement, sont fort convenablement retenus. Au contraire, les qualités dont la signification pour le témoin n'est pas essentielle, et tout particulièrement les couleurs, donnent lieu à une masse énorme d'erreurs. — Certaines grandeurs de temps et d'espace sont régulièrement surestimées, et d'autres sous-estimées. L'optimum est, pour les appréciations de temps, situé entre 5 et 10 minutes; pour les distances, entre 1 et 4 m. En deçà, il y a surestimation ; au delà, sous-estimation.

A côté des faits acquis s'en trouvent d'autres qui ont été l'objet d'expériences ayant donné lieu à des résultats contradictoires ; l'auteur les examine sous le titre : « Quelques problèmes à résoudre ». Il en est ainsi : de l'éducabilité du témoignage, de l'influence du sexe, de la situation sociale, du témoignage intéressé, de la suggestibilité collective, toutes questions sur lesquelles de nouvelles recherches sont nécessaires.

Un chapitre très curieux est celui que M. Varendonck consacre au *témoignage involontaire*. Il y fait l'analyse critique de la méthode que Binet a désignée sous le nom de « diagnostic judiciaire par la méthode des associations », et qui consiste à essayer de découvrir dans le psychisme d'un individu les traces laissées par son activité passée au moyen des associations inconscientes et impossibles à inhiber qu'il établit entre des mots indifférents qui lui sont présentés et d'autres mots qu'il leur accouple en réponse. Malgré les vives critiques qui ont été adressées à ce procédé, l'auteur croit, avec Stern et Claparède, qu'il arrivera un jour à une précision suffisante pour entrer dans la pratique judiciaire. Il en est de même de la « méthode pneumographique de diagnostic du mensonge », proposée tout récemment par Benussi, dont les recherches semblent établir que la forme des courbes de la respiration change d'une façon très nette, suivant qu'on est sincère ou ment.

Enfin, dans un chapitre de conclusions, l'auteur passe très rapidement en revue les principaux faits qu'il a signalés en se plaçant au point de vue spécial du juriste. Dans l'interrogatoire judiciaire, le juge exerce trop souvent une véritable suggestion sur le témoin ; par ses questions, il le pousse vers les limites de son savoir, au lieu de rester dans le centre : dès lors, plus le témoin parle dans ces conditions, et plus sa déposition sera sujette à caution. Ainsi le témoin mérite généralement beaucoup moins de crédit qu'on ne l'a cru jusqu'à présent. En matière de témoignage infantile, il faut être encore plus prudent : du moment qu'une suggestion quelconque entre en jeu, l'enfant ne mérite aucune confiance. En annexe, M. Varendonck donne d'ailleurs une analyse des témoignages d'enfants dans un procès retentissant, témoignages dont il a pu démontrer l'inexactitude complète, sauvant ainsi l'honneur et la vie d'un homme dont la condamnation eût été autrement certaine. Il apparaît donc de plus en plus nécessaire de faire une place à la psychologie du témoignage dans les études juridiques.

Le volume se termine par une bibliographie de 199 travaux originaux se rapportant à la psychologie du témoignage.

Cette revue critique nous a paru exposer d'une façon très complète et très claire l'état de cette intéressante question à la veille de la guerre. Elle sera consultée avec fruit par tous ceux : psychologues, éducateurs, magistrats, enquêteurs, qui sont appelés à recueillir des témoignages, et elle inspirera peut-être à plusieurs le désir de contribuer aux progrès de cette jeune science qui s'annonce comme pleine de promesses. L. B.

Insabato (Dr Enrico). — **L'Islam et la politique des alliés. L'Islam mystique et schismatique. Le problème du khalifat.** — 1 *vol. grand in-8° de 237 p.* (*Prix* : 12 *fr.*). *Berger-Levrault, éditeurs, Nancy-Paris-Strasbourg*, 1920.

Dans ses colonies de l'Afrique du Nord et de l'Afrique occidentale, la France possède quinze à vingt millions de sujets musulmans. C'est dire tout l'intérêt qu'a pour nous la connaissance des choses de l'Islam. Mais elle n'est pas encore assez répandue dans les milieux coloniaux, malgré la publication d'excellents et de savants ouvrages comme ceux, notamment, de MM. Le Chatelier, Doutté, de Castries, malgré les travaux de la *Mission scientifique du Maroc* et les enseignements qu'elle propage par sa *Revue du Monde musulman*, aussi appréciée à l'étranger que chez nous. Sans combler une lacune, le livre du Dr Insabato apporte une contribution intéressante à l'étude générale de l'Islam.

L'ouvrage se partage en trois parties consacrées chacune à l'Islam mystique, aux schismes et à l'orthodoxie. Ce triple aspect, à la fois religieux et social, de l'Islam est étudié d'une façon très claire et très objective, à laquelle rend hommage à juste titre un savant musulman du Caire, Mahmoud Salem, dans une longue lettre fort intéressante, publiée en appendice. Un tel commentaire de la doctrine islamique ne se résume point. Il s'accompagne naturellement des vues de l'auteur concernant les rapports de la politique européenne vis-à-vis de l'Islam. Et ici, nous différons sur quelques points. Et d'abord, sur l'importance des Congrégations dont le Dr Insabato nous semble exagérer l'influence. Ces *tarikas* ne sont formées que de la classe ignorante et les musulmans s'en éloignent au fur et à mesure qu'ils s'instruisent. Influentes en Egypte, il y a cinquante ans, elles n'y comptent plus d'adeptes actuellement. Ce serait donc une politique maladroite pour les puissances coloniales de chercher à s'appuyer sur ces congrégations; ce serait une politique rétrograde aux yeux des musulmans éclairés. En second lieu, l'auteur se prononce pour un khalifat arabe contre le sultan turc. Les musulmans de l'Inde, dont les représentants sont venus en mission à Londres, demandent, au contraire, le maintien du khalifat turc; et c'est aussi l'opinion de nos sujets de l'Afrique du Nord qui l'ont fait connaître bien nettement au moment de la guerre italo-turque; enfin, c'est également celle des populations du Hedjaz même, d'après des renseignements personnels venus de ce pays. C'est, d'ailleurs, le point de vue français dans les négociations actuelles concernant la paix avec la Turquie et il semble bien que nous y avons rallié l'Angleterre.

Pierre Clerget.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 3 Mai 1920

1° Sciences physiques. — M. **A. Blondel**: *Des conditions optima à remplir par les constantes d'une ligne de transport d'énergie à grande distance pour une charge donnée à l'arrivée. Solutions pratiques.* Pour une ligne à déphasage faible en tout point, on obtiendra le rendement optima : 1° en choisissant les constantes linéiques de façon que le décalage varie lentement et que l'impédance caractéristique vectorielle de la ligne n'ait qu'un faible argument ; 2° en ramenant le facteur de puissance de la distribution au point d'arrivée à une valeur maximum voisine de 0,95 par l'emploi des condensateurs statiques ou rotatifs (moteurs synchrones). Si la ligne est trop longue ou a un trop grand facteur de rotation de phase pour admettre des décalages opposés faibles à ses deux extrémités, on la divisera en tronçons tels que pour chacun d'eux cette condition soit réalisé et réponde à la solution précédente. — M. **A. de Gramont**: *Sur la recherche spectrographique des métaux, et spécialement du zinc dans les organismes animaux.* L'auteur montre que la méthode des spectres de dissociation dans l'étincelle, obtenus par l'intermédiaire des sels alcalins en fusion, et qu'il a employée avec succès à la recherche du Zn dans les cendres de venin de cobra, est applicable à la recherche de presque tous les métaux (sauf l'uranium et certaines terres rares) et d'une partie des métalloïdes dans toutes sortes de cendres. Elle est d'une sensibilité extrême, pouvant atteindre le millionième pour la recherche du fer, et trouve ainsi son application à l'étude des produits d'incinération des organismes. — M. **M. de Broglie**: *Sur les propriétés des écrans renforçateurs vis-à-vis des spectres de rayons X et sur un dédoublement de la ligne β du spectre K du tungstène.* L'effet de renforcement d'un écran fluorescent au tungstate de Ca ou de Cd augmente très vite avec la pénétration des rayons ; à peine perceptible pour $\lambda = 1,25$ A., il devient assez net vers 1 A., et croît ensuite très rapidement sans discontinuité jusqu'à la bande du Tu ($\lambda = 0,179$ A.), où se produit un accroissement subit et très considérable du pouvoir renforçateur. L'auteur a pu obtenir un spectre K du tungstène avec une grande dispersion et un pouvoir séparateur élevé ; dans ces conditions, la ligne β_1 se dédouble très nettement en deux composantes écartées de 0,75 mm., fait que la théorie de Sommerfeld pouvait faire prévoir. — MM. **Descolas** et **Prétet** : *Sur l'étude macrographique de la propagation du refroidissement à l'intérieur d'un lingot d'acier à partir de sa solidification.* Lorsqu'on attaque légèrement à l'acide sulfurique au 1/5 la surface soigneusement rabotée ou polie d'un échantillon d'acier qui a été porté au préalable à une température supérieure à ses points de transformation, puis refroidi à la température ordinaire, un lavage à l'eau laisse apparaître des taches brillantes d'aspect nacré dont la superficie croît avec la température du recuit et avec la lenteur du refroidissement ; lorsque la température maxima atteinte se rapproche de la température de fusion, la fluidité augmentant, les taches sont nettement dirigées, et, lorsqu'on examine une surface suffisante, elles apparaissent comme groupées en lignes qui sont normales aux surfaces isothermes réparties dans le métal au début du refroidissement. Ces lignes disparaissent dans les pièces de forge qui ont subi le traitement normal, mais on peut les faire réapparaître en les portant à une température élevée (plus de 1,400°) et en les laissant refroidir normalement. — MM. **C. Zenghelis** et **B. Papaconstantinou**: *Sur le rhodium colloïdal.* A une solution légèrement alcaline du sel double $Na^6Rh^2Cl^{12}$ on ajoute une solution de protalbinate de soude, puis on fait réagir sur le mélange à 40° un réducteur tel que l'aldéhyde formique. On obtient ainsi une solution colloïdale claire et stable de rhodium colloïdal. Cette solution absorbe H et CO ; traversée par un mélange d'H et N, elle effectue catalytiquement la synthèse de l'ammoniac. — M. **Oct. Bailly**: *Sur l'action des sulfates neutres de méthyle et d'éthyle sur les phosphates alcalins en solution aqueuse.* L'action des sulfates neutres de méthyle et d'éthyle sur le phosphate trisodique conduit à un mélange de mono et de diéther méthyl et éthylphosphorique. La réaction est analogue avec le phosphate monoacide. — MM. **Ch. Moureu** et **J. Ch. Bongrand**: *Nouvelles recherches sur le sous-azoture de carbone. Action des halogènes, des acides halohydriques et des alcools.* Le sous-azoture de carbone C^4N^2 absorbe les halogènes. Avec HBr et HI, il donne les bromo- et iodo-butène-dinitrile CN.CH : CX.CN ; avec HCl, le chlorobutène-nitrile-amide CN.CH : CCl.CONH². Avec l'alcool éthylique, il se forme un éthoxybutène-dinitrile $CN.C(OC^2H^5) : CH.CN$. — MM. **J. B. Senderens** et **J. Aboulenc**: *Décomposition catalytique des acides gras par le carbone.* Avec le noir animal comme avec la chaleur seule, les acides forméniques se trouvent décomposés en CO^2, carbures forméniques RH et traces de cétones RCOR. Mais à ces décompositions le noir animal en ajoute d'autres, qui fournissent CO, des carbures éthyléniques et H.

2° Sciences naturelles. — M. **Ad. Davy de Virville**: *Note sur la distribution géographique comparée des* Primula *dans l'ouest de la France.* Le *Primula grandiflora* croît dans les sols assez humides et souvent ombragés ; le *P. officinalis* se plaît dans les terrains chauds, secs et souvent ensoleillés. Les deux conditions contradictoires peuvent se rencontrer en haut et en bas des tranchées de chemins de fer, où les deux espèces vivent alors côte à côte et donnent facilement naissance à des hybrides. Le *P. elatior*, qui offre un type nettement intermédiaire entre les précédents, est peut-être une forme jadis issue du croisement naturel de ces deux espèces, et qui se serait maintenue en prenant des caractères adaptatifs propres. — M. **H. Coupin** : *Sur les plantules qui verdissent à l'obscurité.* Les germinations de Pins obtenues à l'obscurité ne sont pas identiques à celles obtenues à la lumière, ni par leur teinte verte, ni par leurs dimensions. A la lumière, c'est-à-dire dans les conditions normales, ces germinations renferment deux sortes de chlorophylles : l'une qui se développe seule à l'obscurité, l'autre ne se développant qu'à la lumière et s'ajoutant à la précédente. — M. **P. Wintrebert** : *La conduction médullaire chez les Sélaciens* (Scylliorhinus canicula *L. Gill*) *et la fonction présumée des cellules géantes dorsales transitoires de Rohon-Beard.* Au début de la liaison neuro-musculaire, la conduction de la moelle n'est effective que sur une longueur de 15 métamères environ. La propagation du mouvement ondulatoire d'un bout à l'autre de l'embryon exige la participation active des myotomes ; leur resserrement provoque une excitation, point de départ d'un réflexe qui détermine la contraction de myotomes plus éloignés ; la transmission de l'onde est ainsi le résultat d'une suite d'arcs réflexes qui se commandent les uns les autres. La voie centripète susceptible de réaliser la liaison entre les myotomes et les neurones moteurs de la moelle semble établie par les cellules géantes dorsales transitoires de Rohon-Beard. — M. **A. Lécaillon** : *Sur les œufs intermédiaires entre les œufs d'été et les œufs d'hiver qui se produisent chez le Bombyx du mûrier.* Certaines pontes de Bombyx du mûrier renferment des œufs ressemblant davantage, par leur coloration, aux œufs d'été qu'aux œufs d'hiver, et dont les uns éclosent au bout d'une dizaine de jours, comme les œufs d'été, tandis que les autres n'éclosent qu'au printemps sui-

vant. Les larves qui sortent de tous ces œufs intermédiaires périssent très souvent malgré tous les soins dont on peut les entourer. — M. J. **Nageotte** : *Croissance, modelage et métamorphisme de la trame fibrineuse dans les caillots cruoriques.* Pas plus que la substance conjonctive dont elle est un état instable, la fibrine n'est vivante en soi. Dans l'ambiance de l'organisme vivant, ces deux substances manifestent certaines propriétés morphogénétiques qui leur sont communes et qui sont considérées généralement, mais à tort, comme des propriétés vitales. — M. **André Mayer** : *Mode d'action des gaz de combat utilisés au cours de la guerre* (voir p. 46 et 238). — M. **H. Violle** : *Le lait et l'hémolyse.* Le lait normal n'hémolyse pas les globules rouges. Bien plus, on peut même ajouter à ce lait une proportion d'eau distillée égale aux 3/10 de son volume sans que l'hémolyse se produise. Tout lait qui produit l'hémolyse avec cette addition d'eau distillée est déjà un lait altéré. Cette méthode peut permettre de déceler les fraudes du lait. — M. **Marage** : *Les limites de la débilité et de la prétuberculose.* Le rapport de la capacité vitale (volume d'air maximum expiré après une inspiration maxima) au poids est très variable. Ce rapport augmente avec la taille du sujet. Les expériences faites sur les enfants montrent l'influence des exercices respiratoires. En faisant faire ces exercices aux jeunes gens 6 mois avant le conseil de revision, on n'aurait que très rarement des ajournés pour étroitesse de poitrine.

Séance du 10 *Mai* 1920

M. **W. H. Perkin** est élu Correspondant pour la Section de Chimie, en remplacement de M. Ciamician, élu Associé étranger.

1° Sciences physiques. — M. **J. Carvallo** : *Sur une méthode universelle de mesure et de compensation de l'astigmatisme instrumental.* L'auteur, se basant sur le fait que les défauts des éléments d'optique sont le plus souvent assez réguliers pour ne pas donner lieu à autre chose qu'à de l'astigmatisme pur, montre qu'on peut constituer des objectifs achromatiques à deux verres, dénués d'astigmatisme, en accouplant deux éléments présentant des astigmatismes égaux à condition de les orienter convenablement l'un par rapport à l'autre. Dans ce cas, les éléments principaux d'astigmatisme sont à angle droit et les astigmatismes sont inversement proportionnels aux carrés des distances de l'image intermédiaire à chacun des deux éléments. — MM. **A. Kling** et **A. Lassieur** : *Séparation de l'étain et de l'antimoine. Dosage de l'étain par le cupferron.* Les sels stanniques, mis en présence d'HF, forment un complexe de constitution mal connue dans lequel l'ion stannique est dissimulé ; ce fait permet de séparer l'étain de l'antimoine, soit par H^2S, soit par électrolyse. L'étain est ensuite ramené à la forme ionique, par addition d'acide borique à la solution, et dosé à l'état de SnO^2 par précipitation avec le cupferron. — M. **A. Mailhe** : *Nouvelle préparation d'amines par catalyse.* En hydrogénant sur du nickel réduit à basse température les aldazines RCH : N.N : CHR (obtenues par l'action des aldéhydes sur l'hydrazine), il se forme avec un bon rendement l'amine primaire RCH^2NH^2. L'auteur a ainsi préparé : la diéthylidène-azine, Eb. 95°-97°, et l'éthylamine ; la diisobutylidène-azine, Eb. 160°-165°, et l'isobutylamine ; etc. Il se forme toujours par condensation une certaine quantité d'amine secondaire et tertiaire. — M. **G. Tanret** : *Sur la pelletiérine et la méthylpelletiérine.* Contrairement aux affirmations récentes de Hess et Eichel, l'auteur maintient l'existence, dans l'écorce de grenadier, de la pelletiérine lévogyre et de la méthylpelletiérine dextrogyre. Si les savants allemands n'ont pu obtenir de corps lévogyre, c'est qu'il est extrêmement sensible à la chaleur et aux alcalis, qui, en le racémisant, lui font perdre son pouvoir rotatoire. Quant au corps dextrogyre, il n'existe qu'en minime proportion : 3 cgr. par kgr. d'écorce. — MM. **A. Piédallu**, **Ph. Malvezin** et **L. Grandchamp** : *Sur le traitement de la casse bleue des vins.* L'oxygène extrêmement divisé, par son passage sous pression à travers les pores d'une bougie en porcelaine dégourdie, est susceptible, dans le vin en puissance de casse bleue, de transformer rapidement les sels ferreux en sels ferriques. Cette transformation permet d'éliminer le fer cassant et de ramener ces vins à un état normal de clarification tenace, non susceptible de recasser.

2° Sciences naturelles. — M. **L. Bertin** : *Remarques sur les pièces buccales et l'alimentation des Coléoptères lamellicornes.* Les Coléoptères lamellicornes appartiennent à 5 groupes éthologiques fort nets au point de vue du régime alimentaire : *a*) *phyllophages*, ou mangeurs de feuillage ; *b*) *xylophages* ou saprophages mangeurs de bois pourri, de tan, de sciure, de terreau ; *c*) *anthophages*, ou mangeurs de fleurs et de fruits sucrés ; *d*) *coprophages*, ou mangeurs de bouses et de crottins ; *e*) *nécrophages*, mangeant les parties tendineuses des cadavres de petits animaux. Les pièces buccales des Lamellicornes appartiennent à 5 types bien distincts qui correspondent aux 5 groupes éthologiques précédents. Cette coïncidence permet de conclure à une adaptation des pièces buccales aux régimes alimentaires. Mais, malgré leurs différences adaptatives, les organes de la bouche des Lamellicornes ont des caractères fondamentaux communs qui attestent leur parenté réelle. — MM. **P. Courmont** et **A. Rochaix** : *Action des microbes de la flore des eaux d'égout épurées par le procédé des « boues activées » sur les hydrates de carbone.* Les microbes de la flore des eaux d'égout épurées par le procédé des boues activées possèdent sur les hydrates de carbone une action fermentative variable suivant chaque espèce, mais certaine, montrant que la destruction des substances ternaires au cours du processus d'épuration peut être produite par action microbienne.

Séance du 17 *Mai* 1919

M. **L. E. Dickson** est élu Correspondant pour la Section de Géométrie, en remplacement de M. Cosserat, élu membre non résidant.

1° Sciences mathématiques. — M. **Maur. Hamy** : *Sur un cas particulier de diffraction des images des astres circulaires de grands diamètres.* L'auteur poursuit l'étude de la variation de l'intensité lumineuse en différentes régions de l'image d'un astre circulaire de grand diamètre, obtenue avec une lunette diaphragmée par une fente rectiligne. Il montre comment on peut obtenir expérimentalement une correction qui permet de rapporter les mesures faites sur le bord optique de l'image à ce qu'elles auraient été si l'on avait pu pointer le bord géométrique. — M. **J. Andrade** : *Le spiral compensateur et les nouveaux problèmes de la mécanique du réglage.* L'auteur montre que, grâce à la découverte du spiral compensateur de M. Guillaume et grâce à la disposition du balancier coupé, il devient possible de pousser à fond la poursuite de l'isochronisme, surtout si, par l'emploi de spiraux associés et travaillant deux à deux en sens inverse, on fait en même temps disparaître en grande partie la petite perturbation d'isochronisme due à l'inertie du spiral. La mécanique du réglage va donc pouvoir accroître encore la précision des chronomètres marins. — M. **Ch. Frémont** : *Genèse des fissurations de certains essieux.* L'auteur a observé que certains essieux fixes, recevant des chocs toujours du même côté, présentent des fissurations non seulement de ce côté, mais aussi du côté diamétralement opposé. Cela tient au phénomène de la résilience, ou du rebondissement élastique, qui fait que la déformation permanente due au choc, après s'être exercée sur un point de la génératrice inférieure la plus tendue, passe par rebondissement au point diamétralement opposé, qui, après avoir subi une première déformation permanente par compression, subit cette fois une déformation permanente par traction. Ces écrouissages successifs ne s'annulent pas ; au contraire, ils se superposent, et après un certain nombre de répétitions ils produisent les deux fissurations opposées. — M. **P. Morin** : *Etude de l'écoulement en*

déversoir à l'aide de la chronophotographie. L'auteur a chronophotographié le mouvement des filets liquides sur un déversoir en immergeant à l'origine de la lame déversante un petit ballon en verre argenté, dont une moitié émerge et forme une image très brillante au soleil, et en disposant une mire fixe un peu au-dessus de la surface de l'eau. On obtient ainsi facilement la vitesse; en déterminant directement l'épaisseur de la lame déversante, on peut calculer la charge sur le déversoir et le débit.

2° Sciences physiques. — M. **A. Boutaric** : *Sur l'intensité du rayonnement nocturne aux altitudes élevées.* D'après la théorie de l'auteur, le rayonnement nocturne doit être sensiblement le même aux altitudes élevées qu'au niveau de la mer lorsque la température et la pression de la vapeur d'eau ont des valeurs comparables aux deux stations. Cette conséquence étant en désaccord avec les idées courantes, l'auteur a fait une série de déterminations à l'Observatoire du Pic du Midi, qu'il a comparées avec celles faites à Montpellier. Il n'y a aucun écart systématique entre les valeurs calculées dans les deux cas. — M. **E. Rothé** : *Sur un anémomètre à oscillations électriques.* Par ciel couvert ou temps de brume, la détermination de la vitesse du vent par ballon-pilote est impossible. L'auteur propose de se servir d'un anémomètre porté par un ballon captif et de transmettre ses indications en n'utilisant qu'un seul fil conducteur, le câble métallique de retenue du ballon. Pour cela on se sert du moulinet de l'anémomètre comme d'un interrupteur qui, à chaque contact, met en mouvement un petit émetteur d'oscillations électriques. Au sol, on dispose un récepteur téléphonique qui permet d'entendre un son dont la hauteur est la même que celle du vibrateur. Cette méthode permet de recevoir simultanément au sol les indications de plusieurs instruments disposés à des hauteurs variées le long du câble. Ce procédé peut s'appliquer à la mesure de tous les éléments météorologiques. — M. **F. Battestini** : *Sur le grossissement optimum d'une lunette.* L'auteur a constaté que, pour un grossissement donné, le pouvoir séparateur d'une lunette varie en fonction de l'éclairement suivant une courbe logarithmique. Puis il a déterminé la valeur du grossissement qui convient le mieux à différents éclairements. Le grossissement d'une lunette devrait pouvoir être réduit proportionnellement à la racine carrée de l'éclairement du champ réel, pour que l'acuité visuelle obtenue fût à chaque instant la meilleure. — M. **G. Bruhat** : *Les propriétés des fluides au voisinage du point critique et les équations caractéristiques.* Les valeurs expérimentales des propriétés des fluides au voisinage du point critique sont en général comprises entre celles données par les équations caractéristiques classiques; les différents corps se rangent dans le même ordre, que l'on considère lim dp/dT ou a, les gaz permanents se rapprochant davantage de l'équation de van der Waals. L'équation de Clausius fournit des valeurs acceptables de a à condition de prendre β assez faible ($<0,1$); la courbe de pression de vapeur qu'elle fournit est d'ailleurs complètement indépendante de la valeur de ce coefficient. — MM. **C. Zenghelis** et **B. Papaconstantinos** : *Accélération de la décomposition du peroxyde d'hydrogène par le rhodium colloïdal.* La décomposition de H^2O^2, surtout dans les solutions pas très diluées, est une réaction unimoléculaire. La présence de rhodium colloïdal, traversé par un courant d'hydrogène, l'accélère très nettement. Si l'on fait passer un courant de CO, on obtient également une accélération, bien que l'on pût s'attendre à un retard, puisque CO empoisonne généralement les réactions; c'est qu'ici son action retardatrice est masquée par son oxydation rapide par H^2O^2 en présence du Rh colloïdal. — M. **C. Matignon** et Mlle **Marchal** : *Action prolongée de l'acide carbonique sur les silicates et le quartz.* Les auteurs ont soumis, depuis plus de 10 ans, à l'action d'une solution de gaz carbonique sous la pression de 10 atm., dans des siphons de verre, du quartz et divers silicates (wollastonite, dioptase, talc, mica blanc, amiante, verre) bien pulvérisés. Tous les silicates et le quartz lui-même ont été plus ou moins corrodés par l'attaque prolongée de la solution carbonique. Les quantités variables de silice passée en solution montrent que cette silice ne peut provenir uniquement des parois en verre des siphons. La wollastonite a été le minéral le plus attaqué. Le dioptase, dont l'attaque est manifeste, n'a donné qu'une très faible solution de silice, qui s'est précipitée en grande partie à mesure que s'échappait le gaz carbonique. — MM. **J. Bougault** et **J. Perrier** : *Action de l'acide cyanhydrique sur le glucose; réaction de Kiliani.* Kiliani a montré que HCN agit sur le glucose pour donner directement le glucoheptonate d'Am. Les auteurs ont reconnu que la réaction est nulle en milieu même très légèrement acide et probablement aussi en milieu neutre. L'alcalinité du verre suffit à déclancher la réaction, qui se continue ensuite comme si l'alcali agissait à la façon d'un catalyseur. La réaction du glucose sur le cyanure de potassium a lieu suivant l'équation : $C^6H^{12}O^6 + CNK + 2H^2O = C^6H^{13}O^6.CO^2K + NH^3$; c'est une réaction nettement bimoléculaire, mais fort lente.

3° Sciences naturelles. — M. **L. Cayeux** : *Les minerais de fer hettangiens de Bourgogne.* L'auteur a étudié au microscope le minerai de fer, dit oolithique, de Beauregard, au nord du Morvan, autrefois exploité. Il est formé uniquement de restes organiques, surtout de Crinoïdes, plus ou moins envahis d'oxyde de fer. C'est donc tout simplement un calcaire à entroques hématisé; la totalité de l'oxyde de fer est un produit de substitution du carbonate de chaux. — M. **Ph. Négris** : *Sur les alternatives des époques glaciaires et interglaciaires pendant la période quaternaire.* L'auteur attribue les alternatives des époques glaciaires et interglaciaires à des alternatives de surrection et d'affaissement du sol. Le poids des glaces a déprimé l'écorce suffisamment pour amener une augmentation de température et la fusion des glaces; puis, à la suite de la fusion des glaces et de l'érosion considérable qui a accompagné les phénomènes glaciaires, l'écorce allégée s'est soulevée de nouveau jusqu'à une hauteur où la température moyenne était assez basse pour reproduire les glaces. — M. **P. Bugnon** : *Dans la tige des Graminées, certains faisceaux libéroligneux longitudinaux peuvent être des faisceaux gemmaires.* Dans la tige des Graminées, les faisceaux libéroligneux longitudinaux, comme les faisceaux transverses, peuvent appartenir soit à la catégorie des faisceaux de trace foliaire, soit à celle des faisceaux gemmaires. — M. **J. Legendre** : *Régime alimentaire du Cyprin doré de Madagascar.* Le Cyprin doré, introduit pour la première fois dans l'île en 1861, et qui pullule aujourd'hui dans certaines régions, se nourrit des insectes les plus divers; mais, comme la Perche malgache, il a une préférence marquée pour les vers de vase et les larves de moustiques; il fait également une grande consommation d'Entomostracés (Cyclopes et Daphnies). Au point de vue économique, l'acclimatation du Cyprin à Madagascar est intéressante, puisqu'il peut être produit dans les rizières à raison de 300 kilos à l'hectare; de même au point de vue prophylactique, contre le paludisme, puisqu'il détruit un grand nombre de larves de moustiques. — M. **R. Hovasse** : *Le nombre des chromosomes chez les têtards parthénogénétiques de grenouille.* L'auteur a constaté qu'il existe, à côté d'embryons parthénogénétiques chez lesquels le nombre des chromosomes se régularise sans doute très tôt, peut-être au début de la segmentation, d'autres qui conservent le nombre réduit de chromosomes, sans qu'aucune régulation intervienne. Il semble que seuls les premiers soient susceptibles d'une survie régulière. Ce résultat concilie les observations contradictoires de Delage et d'autres savants. — M. **H. Piéron** : *De la variation de l'énergie liminaire en fonction de la durée d'excitation pour la vision périphérique (loi des cônes et loi des bâtonnets).* L'auteur a déterminé la courbe de variation de l'énergie liminaire, pour les bâtonnets d'une part, seuls excités par la lumière bleue, dans les conditions

d'expérience, et pour les cônes périphériques de l'autre, seuls excités par la lumière rouge. La même loi générale (celle obtenue en lumière blanche avec la vision fovéale) s'applique aux bâtonnets et aux cônes, mais avec des constantes de temps bien différentes : la limite de sommation, pour les bâtonnets, se place aux environs de 0,8 sec., soit une durée 4 fois plus courte que dans l'excitation des cônes; le minimum d'énergie, d'autre part, correspond à une durée d'excitation 10 fois plus brève, environ 0,002 à 0,003 sec. — MM. **André Mayer, H. Magne** et **L. Plantefol** : *Réflexes provoqués par l'irritation des premières voies respiratoires. Action sur les échanges généraux de l'organisme.* L'irritation des terminaisons du trijumeau, produite par l'introduction de gaz irritants dans les premières voies respiratoires, a pour effet de provoquer, chez certains mammifères sensibles, pendant plus d'une demi-heure, une diminution réflexe des échanges gazeux et généraux de l'organisme, qui peut les abaisser à une valeur très faible par rapport à la normale. — MM. **A. Desgrez** et **H. Bierry** : *Equilibre azoté et carence de vitamines.* Des rats peuvent être maintenus, un certain temps, en équilibre azoté, avec un régime déficient en vitamines, pour des proportions d'albumines, de graisses et de sucres variables dans une région de valeur énergétique donnée et suffisante. Le minimum de chacun des trois éléments est conditionné par la nature chimique et le rapport des deux autres éléments. Le minimum d'azote est atteint quand un sucre est présent, à un certain taux, dans la ration.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 4 Mai 1920

MM. **Recasens** (de Madrid) et **Chutro** (de Buenos-Aires) sont élus correspondants étrangers dans la Division de Pathologie chirurgicale et Médecine opératoire.

M. **H. Hartmann** a eu l'occasion d'observer un cas rare de diverticule pharyngo-œsophagien développé depuis 9 ans chez une femme de 61 ans. L'alimentation étant devenue très difficile, l'auteur a procédé à l'extirpation de la poche, qui a eu lieu sans difficulté. La malade est aujourd'hui guérie et en bonne santé.

Séance du 11 Mai 1920

M. **Em. Sergent** a observé chez un assez grand nombre de sujets un syndrome particulier d'insuffisance respiratoire fonctionnelle des sommets du poumon, lié presque toujours à un habitus somatique caractérisé par des malformations et déformations du squelette thoracique. A l'origine se trouve presque toujours un obstacle naso-pharyngé (végétations, etc.), entraînant une mauvaise respiration et une insuffisance du jeu diaphragmatique. Ce syndrome n'est pas forcément lié à la tuberculose.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 1er Mai 1920

M. **Ed. Retterer** : *Du rein d'un Alligator.* Le rein de l'Alligator présente la structure et l'évolution de celui du Cobaye soumis au régime sec; la cellule rénale choisit les éléments à éliminer, et, après les avoir accumulés, le cytoplasma se désagrège pour en débarrasser l'organisme. — M. **Ch. Faure** : *Sur un très jeune embryon anormal.* L'auteur a pu étudier un très jeune embryon humain anormal provenant d'une grossesse tubaire, et d'âge indéterminé. Il présente des anomalies de deux sortes : les unes par arrêt, les autres par excès de développement, les premières portant sur la plaque enbryonnaire, les secondes sur les enveloppes et les annexes. — MM. **P. Brodin** et **J. Oddo** : *Modifications de l'équilibre azoté du sérum sanguin au cours de l'ictère catarrhal.* Au cours de l'ictère catarrhal, il existe fréquemment un abaissement du rapport azotémique et par conséquent un certain degré d'insuffisance hépatique. Cette constatation est un argument de plus en faveur de la thèse qui fait de l'ictère catarrhal non plus un obstacle à l'élimination de la bile, mais une lésion frappant directement la cellule hépatique et troublant son fonctionnement. — M. **I. Piticariu** : *Sur un procédé permettant de déceler dans l'urine des traces très faibles d'hémoglobine.* L'addition du réactif d'Ehrlich à une urine contenant des traces d'hémoglobine fait réapparaître à l'examen spectroscopique les bandes caractéristiques de l'oxyhémoglobine à des dilutions où cet examen ne donnerait sans cela que des résultats négatifs. Mais il faut n'employer pour cette analyse qu'une urine tout à fait fraîche. — MM. **P. Ancel** et **J. Watrin** : *Sur les variations des points d'abouchement des canaux éjaculateurs et de l'utricule prostatique dans l'urèthre de l'homme.* La disposition classique (ouverture de l'utricule sur la ligne médiane, et, de chaque côté de cette ouverture, celle des canaux éjaculateurs) a été rencontrée par les auteurs dans 42 °/₀ des cas examinés. L'ouverture des deux canaux éjaculateurs dans l'utricule se rencontre aussi fréquemment (25 °/₀), celle d'un seul canal dans l'utricule dans 7,5 °/₀ des cas. L'absence du canal éjaculateur a été notée dans 12,5 °/₀ des cas. L'utricule paraît ne jamais faire défaut.

Séance du 8 Mai 1920

MM. **H. Bierry, E. Marchoux, L. Martin** et **P. Portier** : *Sur la question des symbiotes.* La Commission nommée par la Société pour l'étude de cette question a fait à l'Institut Pasteur des expériences d'ensemencement avec des testicules de coqs et de cobayes, d'où il résulte que : 1° le transport de morceaux d'organes d'un animal dans des milieux de culture est toujours difficile à réaliser avec une asepsie constante; c'est une des opérations les plus délicates de la Bactériologie; 2° on n'obtient généralement pas de cultures en partant d'organes sains quand, pour ensemencer les milieux, on se sert de pulpe de testicules recueillie au moyen d'un tube effilé de Pasteur; 3° on peut rencontrer, dans des conditions et des proportions qui, pour être fixées, exigeraient un nombre considérable d'expériences, des microbes dans les testicules quand on opère avec des organes entiers ou des fragments volumineux. La présence de ces microbes dans les testicules n'est pas un fait constant; il est impossible dès lors d'affirmer leur existence à l'état normal. — MM. **H. Cardot** et **H. Laugier** : *Influence de la distance des électrodes sur la position du seuil de l'excitation d'ouverture.* L'augmentation de la longueur du segment interpolaire abaisse le seuil de l'excitation d'ouverture; cette action est la même que celle signalée depuis longtemps sur l'excitation de fermeture. — M. **E. Pozerski** : *Sur les pouvoirs liquéfiant et précipitant de la papaïne.* Il existe dans la papaïne, en dehors des pouvoirs digestif et présurant : *a*) un pouvoir liquéfiant qui disparaît à 90°-95°; *b*) un pouvoir précipitant qui apparaît à cette température. Le pouvoir précipitant pour le bouillon ne peut être mis en évidence dans une solution non chauffée de papaïne, tandis qu'il est évident dans une solution bouillie et filtrée. L'addition en quantité suffisante de papaïne non chauffée neutralise l'action précipitante de la papaïne chauffée. — M. **S. Metalnikow** : *Bacille dysentérique et bactériophage de d'Hérelle chez les chenilles de* Galleria mellonella. Le bacille dysentérique de Shiga donne toujours une infection mortelle chez les chenilles de *Galleria*. Mais si l'on injecte 10 minutes avant ou une demi-heure après de petites doses du bactériophage de d'Hérelle, les chenilles survivent. L'action du bactériophage se manifeste en général au bout de 3 h. par une transformation profonde des bacilles dysentériques, puis par une phagocytose intense. L'immunité produite par le bactériophage n'est pas de longue durée; au bout de 24 h., elle a totalement disparu. — M. **A. Ch. Hollande** : *Remarque au sujet de la transformation en masse brunâtre des bacilles tuberculeux à l'intérieur des phagocytes du sang des chenilles.* La formation d'un pigment brun-noir, à l'intérieur des leuco-

cytes-phagocytes du sang des chenilles, est un phénomène qui accompagne, chez l'insecte, la digestion des microbes introduits dans le protoplasme du phagocyte; ce pigment se produit encore lorsque le corpuscule phagocyté ne peut être dissous par les sucs digestifs des phagocytes; son apparition est fonction de l'action diastasique des leucocytes; elle n'est pas spéciale à la digestion du bacille de Koch. — MM. **C. Levaditi** et **P. Harvier** : *Recherches expérimentales sur l'encéphalite léthargique.* 1° Le virus de l'encéphalite épidémique n'est pas inoculable au lapin par la voie péritonéale, veineuse et trachéale. 2° L'inoculation par le nez ne donne de résultats positifs, chez le lapin, qu'après scarification de la muqueuse nasale. 3° Chez le lapin atteint d'encéphalite expérimentale, le sang, la moelle osseuse, le poumon, le rein, la rate, le foie, les glandes salivaires ne contiennent pas le virus de la maladie. 4° Le singe, infecté par voie sous-cutanée avec du virus d'encéphalite, et éprouvé ultérieurement avec du virus poliomyélitique, contracte la poliomyélite comme un animal neuf de même espèce. 5° Le virus de l'encéphalite humaine semble, dans quelques cas, doué d'un pouvoir pathogène atténué pour le lapin.

Séance du 15 *Mai* 1920

MM. **G. Bogoslovsky** et **V. Korentschevsky** : *La sécrétion interne de la prostate et ses rapports avec les testicules.* La glande prostatique constitue un stimulant puissant de la sécrétion interne des testicules. La sécrétion interne des testicules exerce une influence stimulante sur les échanges des substances albuminoïdes surtout. Il en résulte que la glande prostatique a, grâce à sa sécrétion interne, une influence certaine sur l'état général et les processus chimiques de l'organisme. — M. **P. Carnot** : *Passage immédiat, dans le sang, de paraffine injectée dans l'uretère ou dans le cholédoque.* Si l'on injecte de la paraffine fondue ou dissoute dans l'uretère ou dans le canal cholédoque d'un chien, on constate le passage de ce corps dans le sang, où il peut bloquer la petite circulation et amener la mort. Ces expériences témoignent de la grande vitesse de diffusion de la paraffine, par voie rétrograde, à travers le rein et à travers les cellules du foie. — M. **A. Ch. Hollande** : *La formation du pigment brun noir (mélanine) au cours de la phagocytose chez les Insectes.* Lorsque le sang d'un insecte renferme une tyrosinase et un chromogène approprié, les leucocytes-phagocytes du sang de l'Insecte, au cours de la digestion des éléments étrangers (microbes ou corps inertes), agissent par leurs diastases oxydantes sur le plasma sanguin contenu dans la vacuole renfermant le corpuscule incorporé par le phagocyte. Il s'ensuit la formation d'un pigment brun noir (mélanine). Il n'existe aucun rapport entre la production de ce pigment et la nature de l'élément phagocyté. Dans la suite, la mélanine formée abandonne lentement les leucocytes, se répand dans le sang et est absorbée par les cellules péricardiales de l'Insecte. — M. **M. Laudat** : *Le dosage de l'urée dans le sang à l'état normal et au cours des cas pathologiques.* Les différences obtenues dans le dosage de l'urée par les méthodes à l'hypobromite et au xanthydrol tiennent à ce que l'hypobromite décompose plus ou moins complètement l'ammoniaque, l'acide urique et la créatine, sur lesquels le xanthydrol est sans action. La méthode à l'hypobromite donne donc des résultats en erreur par excès. Cette erreur est en moyenne de 25 % chez le sujet normal; elle diminue chez les azotémiques, pour tomber parfois jusqu'à 3,2 %; elle croît, au contraire, dans les affections hépatiques, jusqu'à atteindre 73 %. — MM. **Magitot** et **Bailliart** : *Le réflexe oculo-cardiaque et les modifications de la tension oculaire.* Pour provoquer le réflexe oculo-cardiaque, il est nécessaire d'imprimer une pesée de 150 à 200 gr. au moins. Ce réflexe n'est pas spécial à l'œil : on peut le provoquer expérimentalement en injectant de la gélose (à 40°) dans des orbites dont l'œil a été énucléé. Le réflexe oculo-cardiaque est donc un réflexe sensitif banal, d'ordre névritique. — M. **R. Boiteux** : *Sur la nutrition du* Trichoderma viride (*Pers.*) *à partir du formol libre.* Le *Trichoderma viride* est capable d'assimiler le formol, mais il n'utilise cette source de carbone que lorsqu'il n'en a pas d'autre à sa disposition.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 7 *Mai* 1920

M. **Holweck** : *Emploi de l'amplificateur à lampes et du téléphone pour la détection des particules α et β des corps radioactifs.* En 1913, Geiger donna la description d'un appareil simple permettant la numération des particules α ou β. La méthode était fondée sur l'utilisation du champ électrique intense qui existe au voisinage d'une pointe fine pour produire la multiplication, par choc, des ions primitivement fournis par la particule α ou β. Cet appareil se compose d'un cylindre en laiton de 2 cm. de diamètre et 10 cm. de longueur. Ce cylindre est fermé à une de ses extrémités par un disque métallique percé d'une petite ouverture par laquelle entreront les particules. L'autre extrémité est fermée par un bouchon isolant. Une tige métallique axiale traverse ce bouchon et se termine par une pointe fine. L'extrémité de la pointe vient à 8 mm. du fond du cylindre. La boîte extérieure est portée à un potentiel positif de l'ordre de 1.200 volts. La pointe est reliée à un électromètre à fil. Une particule α entrant par la petite ouverture produit une variation du potentiel de la pointe de 10 à 20 volts. Le coefficient de multiplication de cet appareil est de 10^7 environ. Kovarik a longuement étudié, par ce dispositif, les particules α et β et a décrit, en avril 1919, une méthode permettant l'enregistrement des particules sur la bande d'un télégraphe Morse. Les relais intermédiaires étaient une lampe audion et un relais mécanique très sensible. En voulant répéter cette expérience pour le cours de Mme Curie, l'auteur s'est aperçu que les amplificateurs du modèle de la Télégraphie militaire, et en particulier le type 3 *ter*, convenaient très bien sans modification. Il suffit de connecter le pôle positif de la batterie de 1.200 volts au cylindre de laiton, par l'intermédiaire d'une grande résistance (tube à eau), le pôle négatif étant réuni au point commun de l'amplificateur. La pointe est connectée à la grille de la première lampe. On peut donner plus de stabilité à l'appareil d'ionisation par choc en mettant plusieurs pointes en parallèle. On obtient ainsi une bonne audition, en haut parleur, de l'arrivée des particules α et β. — M. **M. de Broglie** : *Les écrans renforçateurs et le spectre des rayons X.* On emploie en radiographie des écrans renforçateurs pour économiser le temps de pose; ces écrans sont fluorescents, ils présentent sous l'excitation des rayons X une émission lumineuse (transformation qui s'effectue avec un énorme abaissement de fréquence). Comment cette émission lumineuse varie-t-elle en fonction de la longueur d'onde des rayons X excitateurs? On peut chercher à le voir en recevant un spectre de rayons X sur une émulsion photographique dont une moitié est couverte d'un écran renforçateur. En étudiant le phénomène avec les écrans usuels au tungstate de calcium ou de cadmium, on constate que : 1° Le renforcement croît très rapidement à mesure que la longueur d'onde diminue; il est presque insensible pour $\lambda = 1,5$ Angström, devient net vers $\lambda = 1,0$ Angström et est intense au-dessous de $\lambda = 0,5$ Angström; cette augmentation du renforcement se fait d'une façon continue; on peut chercher à l'expliquer en évaluant le rapport des énergies X absorbées dans l'émulsion et dans l'écran. Mais il y a aussi un phénomène sélectif qui se révèle par un renforcement encore plus intense pour les longueurs d'onde très courtes, inférieures à celle de la bande d'absorption K du tungstène ($\lambda = 0,179$ Angström environ). Le début du phénomène est brusque et montre que l'émission lumineuse de l'écran est sous la dépendance de l'absorption critique du métal lourd, présent dans la couche active de l'écran (tungstène dans le tungstate de calcium). 2° Il résulte de l'exagération du

renforcement pour les courtes longueurs d'onde que, dans un spectre recueilli avec écran renforçateur, l'influence des spectres d'ordre supérieur, qui se superposent en un point de la plaque, est elle-même très exagérée, au point de masquer le spectre du premier ordre dès que la longueur d'onde devient un peu notable. Pour étudier correctement le renforcement en un point d'un spectre, il faut éviter les fonds continus d'ordre supérieur en opérant à basse tension ou en employant des rayons secondaires. 3o On peut voir également que l'action de l'écran renforçateur tend à masquer les bandes sélectives du brome et de l'argent de l'émulsion. En plus du renforcement dû aux rayons lumineux émis, il existe un faible phénomène de renforcement dû aux rayons X et β secondaires, qui est atomique, et se présente en dehors de toute luminescence visible.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 23 Avril 1920

M. **E. Fourneau** et Mme **Ramart** communiquent le résultat de leurs recherches *sur l'action du benzoate de soude sur les chlorhydrines* en vue d'établir la constitution des chlorhydrines par les moyens suivants : 1° Transformation des éthers benzoïques (1) $R.CHOH.CH^2O.COC^6H^5$ en chlorures correspondants par le chlorure de thionyle; 2° Action des amines sur les éthers chlorés ainsi isolés; 3° Comparaison des amino-alcools obtenus avec ceux qui se forment dans l'action des amines sur les éthers benzoïques des chlorhydrines primitives $R.CH(O.COC^6H^5).CH^2Cl$. Or, dans les 3 cas étudiés la réaction a suivi un cours différent. Dans le premier, celui du chlorodiéthylcarbinol $C^2H^5.CHOH.CH^2.CH^2Cl$, le reste benzoylé se fixe sur l'oxhydrile et non pas à la place du chlore. Dans le deuxième cas, celui du phénylchloroéthylcarbinol $C^6H^5.CHOH.CH^2.CH^2.Cl$, la réaction est normale. Dans le 3e cas, celui de la chlorhydrine $C^6H^5.CH^2.CHOH.CH^2Cl$, la fixation du reste benzoylé se fait dans les deux sens. On ne peut donc tirer aucune conclusion de l'action du benzoate de soude sur les chlorhydrines pour établir les constitutions de ces dernières. — M. **G. Mignonac** : *Sur les cétimines. Formation par réduction catalytique des oximes.* L'auteur expose le résultat de ses recherches sur la réduction catalytique des oximes par l'hydrogène en présence de nickel, en milieu liquide (oxime en solution dans l'alcool absolu) et à température peu élevée : 15-18°. Il est parvenu à réaliser l'hydrogénation partielle des cétoximes et à mettre en évidence la formation de cétimines. Dans le cas de la *cyclohexanone-oxime*, l'imine formée est entièrement hydrolysée, on recueille une forte proportion de cyclohexanone. Mais dans ce cas on a pu séparer un produit bouillant à 117-118° sous 9 mm. : la N-cyclohexylcyclohexylcétimine $C^6H^{10}{=}N{-}C^6H^{11}$. Le chlorhydrate de cette base fond vers 180° avec déc.; il est hydrolysé par l'eau avec mise en liberté de cyclohexanone et de chlorhydrate de cyclohexylamine. L'*acétophénone-oxime* soumise à la réduction conduit à une petite quantité de méthylphénylcétimine. La *propiophénone-oxime* donne naissance à une plus forte proportion d'imine que la base précédente; on observe en outre la formation d'un produit bouillant à 170-171° sous 9 mm., la N-α-phénylpropyléthylphénylcétimine. La *benzophénone-oxime* et la *phényl-α-naphtylcétoxime* sont transformées en imine avec de bons rendements, 90 à 95 %, sans réactions secondaires. La diphénylcétimine bout à 170-171° sous 17 mm. 5, la phényl-α-naphtylcétimine fond à 68-69°. — MM. **Laborde** et **Clairet** dosent la saccharine en la dissolvant soit dans un excès de soude $n/10$, soit dans un excès d'ammoniaque $n/10$ et titrant en retour avec de l'acide sulfurique $n/10$. L'indicateur employé est le tournesol ou la phtaléine. La saccharine est monobasique.

Séance du 14 Mai 1920

MM. **Ch. Moureu** et **J. Ch. Bongrand** : *Nouvelles recherches sur le sous-azoture de carbone* (voir p. 389). — M. **G. Tanret** : *Sur la pelletiérine et la méthylpelletiérine* (voir p. 390). — M. **M. Tiffeneau** propose d'exprimer la formule classique du camphène de Wagner sous la forme d'un schéma perspectif qui offre l'avantage tout à la fois de représenter la structure dans l'espace de ce carbure et de faciliter la compréhension des transpositions dans cette série.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 26 Février 1920

SCIENCES PHYSIQUES. — M. **J. H. Hyde** : *Les viscosités et les compressibilités des liquides sous une haute pression.* L'auteur a commencé par déterminer la variation de la valeur de la viscosité cinématique (η/ρ) de diverses huiles, puis la variation de la densité avec la pression. L'appareil utilisé pour la détermination de la viscosité cinématique consiste en un système de deux tubes horizontaux (le plus élevé étant de dimensions capillaires) et de deux tubes verticaux formant un circuit fermé de liquide sous pression, la moitié inférieure du circuit contenant du mercure et la moitié supérieure le liquide à essayer. Une extrémité du châssis tubulaire repose sur une arête horizontale, et le châssis est supporté en position horizontale par un ressort spiral. Quand on déplace le mercure d'une quantité donnée, un écoulement a lieu autour du circuit, par suite de la différence de niveau, et il est évident que, si le ressort est construit de telle façon que son extension soit égale au changement de la différence de niveau, un flux du liquide en essai se produira à travers le tube capillaire sous une différence de pression constante et à une vitesse qui peut être déduite de l'extension du ressort. On obtient de cette façon toutes les données nécessaires à la détermination de la viscosité cinématique absolue du fluide. On détermine la variation de densité sous pression en mesurant la diminution de volume d'une quantité connue de liquide enfermée dans un cylindre en acier scellé à une extrémité et fermé à l'autre par un long piston plongeur. Le cylindre et le piston sont enfermés dans un vase à pression et l'on mesure le mouvement du piston pour chaque pression particulière. On calcule la densité d'après la diminution du volume mesuré. Des valeurs de la densité ρ et de la viscosité cinématique η/ρ, on déduit celles de la viscosité absolue η. Les résultats obtenus montrent que la viscosité absolue de toutes les huiles essayées augmente considérablement avec la pression. — M. **C. Cuthbertson** et Mlle **M. Cuthbertson** : *La réfraction et la dispersion de l'anhydride carbonique, de l'oxyde de carbone et du méthane.* Les auteurs ont mesuré la réfractivité des gaz précédents en huit points du spectre visible situés entre λ 6708 et λ 4800. Ce travail a été entrepris dans le but de déterminer le pouvoir réfringent de l'atome de carbone, en admettant la validité de la loi additive. En déduisant la réfractivité des atomes d'H ou d'O de celle des composés carbonés, on obtient des valeurs au moyen desquelles on peut exprimer la réfractivité du carbone sous la forme, $\mu - 1 = C/(n_0^2 - n^2)$. On obtient ainsi pour $\mu - 1$ les valeurs suivantes :

$$\text{avec } CO^2 \ldots\ldots \frac{2,7705}{16042} = 0,000173$$

$$\text{avec } CO \ldots\ldots \frac{1,988}{10213} = 0,000195$$

$$\text{avec } CH^4 \ldots\ldots \frac{1,672}{10623} = 0,000157$$

Il existe donc de grandes différences, non seulement entre les quotients, qui donnent la réfractivité, mais aussi entre les numérateurs, qui devraient être proportionnels au nombre d'« électrons de dispersion », et entre les dénominateurs, qui donnent les carrés des fréquences libres hypothétiques. Ce résultat fournit une nouvelle preuve que la loi additive est inexacte, excepté comme un guide grossier.

Séance du 4 Mars 1920

SCIENCES NATURELLES. — M. **F. F. Blackman** : *Le facteur protoplasmique dans la photosynthèse.* Le centre de l'intérêt, dans les problèmes qui concernent la photo-réduction de CO^2 dans les cellules vertes photo-synthétisantes, se déplace de la chlorophylle vers le protoplasme. Le contrôle quantitatif de la photo-synthèse dans la cellule verte normale est exercé par le protoplasme. On s'en rend compte par les relations avec la température, qui ne sont pas celles d'une réaction photochimique, mais d'une réaction sombre. Les activités photo-synthétiques de feuilles de diverses variétés (vertes et jaunes) et à différents états de développement n'ont aucune relation avec la quantité de chlorophylle qu'elles contiennent, comme le montrent les « nombres d'assimilation » de Willstætter. La relation entre le développement de la chlorophylle et celui de la photo-synthèse, qui sera décrite ci-après, fournit une autre preuve de la dominance de facteurs différents du pigment. Chez plusieurs organismes inférieurs, on constate, en l'absence de pigment ou de lumière, le pouvoir de réduire CO^2 pour former de la matière organique par énergie chimique. Cette chemo-synthèse peut être la seule source, ou une source alternative de carbone pour la cellule vivante. Ce processus n'implique aucun gain cosmique d'énergie. Dans ces cas, le rendement du transport d'énergie de l'oxydation de diverses substances à la réduction de CO^2 semble être aussi grand ou plus grand que dans l'utilisation de l'énergie lumineuse pour la photo-réduction de CO^2. — M. **G. E. Briggs** : *Le commencement de la photo-synthèse dans la feuille verte.* Chez les jeunes feuilles, le développement du pouvoir photosynthétique retarde sur le développement de la chlorophylle, de sorte qu'une feuille verte jeune peut présenter un pouvoir photo-synthétique très faible ou nul. On en déduit que l'activité photosynthétique nécessite le développement de quelque facteur interne autre que la chlorophylle. La potentialité de cet autre facteur augmente rapidement de jour en jour, même si l'on conserve la feuille continuellement à l'obscurité. En maintenant la feuille dans une pression partielle très faible d'oxygène, on peut arrêter complètement le développement ultérieur de la chlorophylle, même en lumière continue. Dans ce cas aussi, en partant d'une feuille à teinte verte faible, il y a une augmentation journalière analogue du pouvoir photosynthétique, sans augmentation du verdissement. Ces résultats ont été obtenus avec un nouvel appareil combiné par M. Blackman pour la mesure de faibles dégagements d'oxygène dans la photosynthèse. La feuille est éclairée dans une atmosphère confinée d'H et CO^2. Dans une partie du circuit, les gaz passent sur du noir de palladium, où l'oxygène produit s'unit avec 2 vol. d'hydrogène. La réduction de volume qui en résulte est mesurée par une burette à gaz. Dans cet appareil, la pression de l'oxygène est maintenue si faible qu'aucun développement ultérieur de la chlorophylle ne se produit, tandis que la production photosynthétique d'oxygène peut être mesurée avec une grande exactitude. — MM. **B. Moore, E. Whitley** et **T. A. Webster** : *La lumière solaire et la vie marine. Etudes sur la photosynthèse chez les Algues marines.* L'explosion vernale de vie végétale qui a lieu à l'équinoxe de printemps est provoquée par la variation rapide d'intensité de l'éclairement journalier. M. W. A. Herdman et ses collaborateurs ont étudié pendant plusieurs années les variations saisonnières du plankton autour de Port Erin (île de Man). Souvent, le grand développement des Diatomées a eu lieu avant que la température de l'eau ait varié de sa moyenne hivernale. Il est donc clair que c'est le jour plus long, plus clair, avec l'augmentation d'altitude du soleil, qui est le facteur primaire de l'éveil soudain de la vie de la mer chaque printemps. Ce fait est illustré par un diagramme montrant, pour chaque mois : 1° la température de la mer, 2° le nombre de Diatomées, 3° les heures d'insolation, 4° l'énergie radiante totale, 5° les quantités de peroxyde d'azote présent dans l'air. L'élévation subite de l'énergie radiante en mars est accompagnée ; 1° d'une multiplication intense des Diatomées, 2° d'une augmentation de la teneur en nitrite. Les Diatomées en état de croissance capturent cette énorme augmentation de lumière et l'utilisent pour construire leur substance organique avec du carbone et de l'azote. La source d'azote est l'azote atmosphérique élémentaire dissous dans l'eau de mer, non l'ammoniaque, les nitrites ou les nitrates. La source de carbone est CO^2 des bicarbonates de Ca et Mg dissous dans l'eau de mer. Comme ce carbone est enlevé par la photosynthèse, l'eau de mer devient de plus en plus alcaline, et la variation de la réaction peut être utilisée comme une grossière mesure de la culture marine.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 27 Février 1920

M. **T. Smith** : *Le balancement des erreurs.* Quand on calcule des fonctions d'après leur développement de Taylor, ou autrement, les résultats obtenus en faisant la somme d'un nombre fini de termes diffèrent plus ou moins des résultats exacts. L'auteur montre qu'en modifiant convenablement les coefficients, les résultats obtenus, même en prenant relativement peu de termes du développement, peuvent s'approcher de très près des résultats exacts pour toutes les valeurs de la variable comprises entre des limites choisies. — M. **N. W. Mac Lachlan** : *Notes sur l'essai des barreaux d'acier pour aimants.* L'auteur a expérimenté avec le perméamètre double d'Ewing. Il montre que l'hypothèse qui est à la base de cette méthode — à savoir que les effets dus aux extremités sont les mêmes pour les barreaux courts ou longs — n'est pas justifiée, et que la valeur de H trouvée par le calcul basé sur cette hypothèse est erronée. Toutefois l'erreur n'a pas dépassé 1 o/o pour aucun des barreaux traités ; mais l'auteur conclut que la méthode est inférieure comme exactitude et facilité à la méthode de la bobine différentielle.

Séance du 12 Mars 1920

M. **J. S. Thomas** : *Un anémomètre à fil chaud directionnel.* L'instrument se compose de deux fils de platine fins, rapprochés, constituant deux des bras d'un pont de Wheatstone. Ils sont chauffés par le courant qui traverse le pont. Quand un courant de gaz se meut dans une direction perpendiculaire aux fils, mais parallèle au plan qui les contient, le fil de devant est refroidi, tandis que le second fil, auquel le premier fait écran, n'est pas autant refroidi et peut même être réchauffé par l'air dont la température s'est élevée au contact du premier fil. On obtient ainsi une déviation du galvanomètre, qui se renverse quand l'écoulement du gaz a lieu dans le sens opposé. L'instrument est beaucoup plus sensible que l'anémomètre à fil chaud non directionnel.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE BELGIQUE

Séance du 10 Janvier 1920

SCIENCES PHYSIQUES. — M. **A. Errera** : *Note sur la résistance de l'air dans le cas des projectiles ogivaux.* L'auteur fait connaître une fonction rationnelle qui représente bien la résistance de l'air pour des vitesses variant de 0 à 1.200 mètres.

Séance du 7 Février 1920

1° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **H. Vanderlinden** : *Les équations du champ de gravitation d'Einstein.* Ces équations sont établies d'une manière qui ne fait appel qu'aux notions élémentaires du calcul différentiel et des déterminants. — MM. **J. E. Verschaffelt** et **R. Crombez** : *Sur l'observation de la dispersion anomale par la méthode des prismes opposés.* Deux prismes de même angle contiennent l'un une solution d'une substance colorante, l'autre le solvant pur ; si on les oppose, la déviation produite par le second prisme compense celle produite par le solvant dans le premier et il ne reste

que la déviation, avec dispersion anomale, produite par la substance dissoute. L'observation fait connaître directement l'indice de la substance colorante pure.

2° Sciences naturelles. — M. J. **Massart** : *L'action de la lumière continue sur la structure des feuilles.* Expériences faites en vue de confirmer les résultats d'expériences semblables de Gaston Bonnier ; elles ont donné des résultats contradictoires. — M. L. **Rémy** : *La mensuration de la fatigue intellectuelle des écoliers au moyen d'une échelle visuelle permettant d'opérer simultanément sur tous les élèves d'une classe.*

Séance du 6 Mars 1920

1° Sciences physiques. — M. H. **Vanderlinden** : *La trajectoire d'un rayon lumineux dans le champ de gravitation d'Einstein-Schwarzschild.* Calcul rigoureux de la marche d'un rayon lumineux dans le champ de gravitation et de la déviation du rayon en passant près du Soleil.

2° Sciences naturelles. — M. J. **Massart** : *Recherches sur les organismes inférieurs. VII. Les réflexes chez les Polyporées.* C'est vis-à-vis de la pesanteur et non vis-à-vis de la lumière que les Polyporées réagissent pour orienter les tubes hyménifères dans la direction du fil à plomb. Elles sont cependant sensibles à la lumière : elles ont besoin de cet excitant pour former leur chapeau. Elles sont aussi sensibles au contact : la présence d'un corps étranger provoque l'arrêt de la croissance des hyphes.

J.-E. V.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 31 *Janvier* 1920

1° Sciences mathématiques. — M. **Jan de Vries** : *Une congruence de coniques.* Supposons qu'il existe une affinité trilinéaire entre trois séries de points situés sur trois droites qui se coupent. Par chaque triade de points correspondants on mène une conique, coupant deux fois une conique fixe. L'auteur examine la congruence qui prend ainsi naissance. — MM. Jan de Vries et J. Cardinaal présentent un travail de M. **K. W. Rutgers** : *Complexes de courbes cubiques planes avec quatre points de base.*

2° Sciences physiques. — MM. **Ernest Cohen** et **A. L. Th. Moesveld** : *La métastabilité de notre monde métallique comme conséquence de l'allotropie et son importance pour la chimie, la physique et les sciences techniques.* VI. Les auteurs insistent encore une fois sur les circonstances dans lesquelles s'accélèrent ces transformations excessivement lentes des divers états allotropiques des métaux et sur les raisons pour lesquelles ces transformations n'ont pas été observées par d'autres chercheurs. — MM. H. Kamerlingh Onnes et J. P. Kuenen présentent un travail de M. **N. H. Kolkmeyer** : *Remarques sur l'existence de cercles de liaison dans le diamant.* L'auteur conclut à la non-existence d'électrons établissant la liaison entre les atomes de carbone dans le diamant. — MM. J. Boeseken et A. F. Holleman présentent un travail de MM. **H. I. Waterman** et **J. Groot** : *L'influence de diverses substances sur la décomposition des monoses par un alcali et sur l'inversion du saccharose par l'acide chlorhydrique.* IV.

3° Sciences naturelles. — M. J. F. **van Bemmelen** : *Le dessin coloré du corps des papillons, comparé à celui des chenilles et chrysalides et à celui de leurs ailes.* Les règles relatives au dessin coloré des ailes des papillons s'appliquent aussi au dessin que l'on voit sur les corps des chenilles, des chrysalides et des insectes parfaits. Il existe entre ces divers dessins un rapport original. — MM. K. Martin et J. F. van Bemmelen présentent un travail de M. **Fernand Meunier** : *Quelques insectes de l'Aquitanien de Rott, Sept-Monts (Prusse rhénane).* — MM. G. A. F. Molengraaff et K. Martin présentent un travail de M. J. **Wanner** : *Sur quelques piquants d'oursins de mer paléozoïques (Timorocidaris gen. nov. et Bolboporites* Pander). — MM. **R. Magnus** et **A. de Kleyn** : *Réflexes de position optiques chez le chien et chez le chat.* Les chiens et les chats décérébrés présentent les quatre groupes de réflexes de position, qui furent décrits précédemment chez le lapin. Privés de labyrinthes, ils sont complètement désorientés. Les chiens et chats, auxquels on a extirpé les labyrinthes, mais qui ont encore leur cerveau, se servent des yeux pour s'orienter dans l'espace ; le lapin, au contraire, n'a pas de réflexes optiques, de sorte que, privé de ses labyrinthes, il se comporte de la même façon, qu'il soit décérébré ou non. — MM. R. Magnus et H. Zwaardemaker présentent trois travaux : *a)* M. **W. Storm van Leeuwen** et Mlle **C. van den Brocke** : *Recherche expérimentale sur la sensibilité de divers animaux et d'organes en survie à des poisons.* I. Il résulte de ces recherches que dans le sérum de divers animaux il y a des substances capables de renforcer l'action d'alcaloïdes (pilocarpine) sur l'intestin isolé et maintenu vivant. La cholestérine et la cérébrone ont par elles-mêmes la même action, de même que la peptone. Cette dernière, ajoutée à la pilocarpine, en diminue l'action. *b)* M. **W. Storm van Leeuwen** et Mlle **M. van der Made** : *Idem.* II. L'action de l'adrénaline sur la pression sanguine ne dépend pas seulement de la grandeur de la dose, de la vitesse de l'injection et de la sensibilité des organes réagissants, mais elle est également influencée par la présence dans le sang de substances qui favorisent cette action. *c)* MM. **A. de Kleyn** et **W. Storm van Leeuwen** : *Réflexes vestibulaires des yeux.* II. *La genèse du nystagmus d'eau froide chez les lapins.* Expériences confirmant la théorie de Barany sur la genèse de ce nystagmus ; elles sont par contre en opposition avec la théorie de Bartels. — MM. R. Magnus et C. A. Pekelharing présentent un travail de MM. **L. Eerland** et **W. Storm van Leeuwen** : *Adsorption de poisons par des constituants du corps animal. I. Le pouvoir du sérum et de la substance cérébrale de lier la cocaïne.* L'action de la cocaïne peut être considérablement inhibée par l'addition de sérum de l'homme, du chien, du lapin et du cobaye ; de substance cérébrale du lapin et du chat ; d'extrait éthéré de cerveau de chat séché ; de lécithine. Cette inhibition ne résulte pas d'une décomposition chimique de la cocaïne, mais d'une liaison physique. — MM. R. Magnus et G. van Rynberk présentent un travail de M. **J. R. Prakken** : *Sur des mouvements automatiques de l'œsophage de mammifère.* Des portions d'œsophage de chat, maintenues en vie, présentent des mouvements automatiques. Au point de vue de ces mouvements, il y a une différence entre les parties musculaires à fibres lisses et à fibres striées. Outre des contractions rapides, il y a aussi des changements lents de longueur. — MM. G. van Rynberk et H. Zwaardemaker présentent un travail de M. **J. Bramson** : *Preuve expérimentale de la dilatation active du tissu musculaire strié.* En soustrayant un muscle (gastrocnémien de la grenouille) à l'action de la pesanteur, par suspension dans un liquide de même densité, l'auteur a pu démontrer qu'après contraction le muscle reprend de lui-même sa longueur primitive ; il est parvenu à enregistrer le phénomène. — M. **H. A. Brouwer** : *Cristallisation et résorption dans le magma du volcan Rouang (îles Sangi).* Les produits d'éruption de ce volcan sont principalement des andésites à hypersthène et augite, où l'amphibole et l'olivine sont rares, ces minéraux ayant été résorbés.

J.-E. V.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

31e ANNÉE N° 12 30 JUIN 1920

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences, de l'Academie de Médecine

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Charles-Ange Laisant (1841-1920). — Laisant occuperait sans doute une place prépondérante dans l'histoire scientifique de notre époque s'il n'avait éparpillé sa dévorante activité dans des domaines très divers. Cerveau remarquablement organisé, il fut tour à tour militaire et politicien, journaliste ardent, profond mathématicien, sociologue aux idées avancées et utopistes, mais bataillant toujours avec loyauté et conviction pour ce qu'il croyait être la vérité, professeur beaucoup plus attaché à éveiller la réflexion chez ses élèves qu'à leur enseigner d'innombrables détails, mais surtout vulgarisateur original, clair et précis de la Mathématique, aux progrès de laquelle il contribua très honorablement par ses propres découvertes.

Né à la Basse-Indre (Loire-Inférieure), le 1er novembre 1841, *Charles-Ange Laisant* fit ses études au Lycée de Lorient, puis à Sainte-Barbe et entra, en 1859, à l'Ecole Polytechnique, d'où il sortit dans l'arme du Génie. Après deux années passées à l'Ecole d'application de Metz, il fut nommé lieutenant et attaché à la direction de Brest. Promu capitaine en 1869, il prit part à la guerre franco-allemande et, chargé des travaux de défense du fort d'Issy, sa conduite lui valut la croix de la Légion d'honneur (1871). Tenté alors par la politique, il se fit élire conseiller général du premier canton de Nantes (octobre 1871), quitta l'armée en 1875 et ne tarda pas à devenir député de la Loire-Inférieure (20 février 1876).

Le caractère de cette revue et la place qui nous est mesurée pour cette notice ne nous permettent pas de nous étendre sur le rôle en vue joué par Laisant au Parlement ou dans la presse française. Notons seulement qu'il siégea à l'extrême-gauche, combattit violemment le ministère de Broglie, prit la direction du *Petit Parisien* de 1879 à 1881, puis fonda la *République radicale*, et fut un des plus zélés partisans du boulangisme. Candidat du général à Paris aux élections du 22 septembre 1889, il fut élu député au second tour de scrutin, mais, découragé par l'échec de l'aventure boulangiste, il ne se représenta pas au renouvellement de 1893 et rentra alors dans la vie privée.

Du reste, au cours de sa longue carrière, au milieu même des plus violentes polémiques et des déboires de la politique, il cultiva constamment et avec passion la science des Euclide et des Descartes. Dès 1874 il publia un *Essai sur les fonctions hyperboliques* et une traduction de l'ouvrage de Bellavitis sur la *Théorie des équipollences ;* puis il soutint peu après en Sorbonne deux thèses mathématiques (1877) et donna une remarquable *Introduction à la méthode des quaternions* (1881), sans compter de nombreux mémoires disséminés dans divers recueils spéciaux comme le *Bulletin de la Société Mathématique de France*, les *Comptes Rendus de l'Association française pour l'Avancement des Sciences*, l'*Intermédiaire des Mathématiciens* qu'il créa en 1894, les *Nouvelles Annales de Mathématiques* dont il prit la direction en 1896, l'*Enseignement mathématique* qu'il fonda avec H. Fehr, professeur à l'Université de Genève, la *Revue scientifique*, etc.

Mais, à notre avis, les deux ouvrages suivants : *La Mathématique* (1898) et l'*Initiation mathématique* (1906), contribueront plus que ses autres travaux à sauver son nom de l'oubli. Dans le premier de ces livres, fruit de ses méditations et de son enseignement soit comme répétiteur ou examinateur à l'Ecole Polytechnique, soit comme professeur à l'Ecole Sainte-Barbe et dans diverses institutions, il étudie successivement les différentes branches de « la Mathématique », qui « toutes s'entr'aident, toutes s'appuient mutuellement et sur certains points se confondent ». Il s'efforce de dégager les concepts généraux de l'Arithmétique et de l'Algèbre, du Calcul infinitésimal et de la Géométrie, de la Théorie des fonctions et de la Mécanique rationnelle, en évitant les « dissertations profondes, mais parfois nébuleuses ». Admirateur de la langue sobre, lucide et précise des Pascal, des Diderot, des d'Alembert et des Condorcet qui surent allier la philosophie et la science, il s'attache à ne pas se servir de « termes compliqués pour exprimer des choses simples » ! Et surtout il préconise la réforme de l'enseignement mathématique qui, vu le développement industriel de nos jours, se pose dans

des conditions toutes nouvelles et qu'hélas nos programmes universitaires semblent totalement ignorer!

Laisant combat encore pour les mêmes idées dans son *Initiation mathématique*, qu'il dédie « aux amis de l'enfance ». Comme les premières notions reçues sur chaque objet sont celles qui demeurent le plus profondément empreintes dans notre esprit, il voudrait qu'on instruisît les enfants de 4 à 11 ans en les amusant et non en les torturant. Partant de ce principe, l'auteur de ce chef-d'œuvre pédagogique, dont plusieurs éditions attestent le succès, montre qu'on peut faire apprendre sans fatigue les premières notions arithmétiques, algébriques ou mécaniques à de jeunes cerveaux.

Telle est brièvement résumée l'œuvre scientifique et pédagogique véritablement importante de Laisant qui, le 5 mai 1920, s'éteignit sans souffrances à Asnières (Seine), après une vie de persévérant et fécond labeur.

Jacques Boyer.

§ 2. — Astronomie

Observations récentes sur Capella. — La connaissance de la parallaxe de Capella présente un intérêt spécial par suite de la grande ressemblance du spectre de cette étoile avec celui du Soleil et du fait que c'est une étoile double spectroscopique ayant une période de 104 1/4 jours. Des déterminations antérieures avaient donné des nombres variant de 0,051″ à 0,105″. Une nouvelle détermination effectuée par MM. F. Schlesinger et Z. Daniel[1] à l'Observatoire d'Allegheny a donné 0,068″ ± 0,006″.

D'autre part, on avait essayé il y a quelque vingt ans de déceler télescopiquement la duplicité de Capella, et l'on croyait y être parvenu à l'équatorial de 28 pouces de l'Observatoire de Greenwich, mais les insuccès obtenus avec les grands réfracteurs américains avaient jeté quelque doute sur ce résultat. L'expérience vient d'être reprise par le Prof. Hale[2] avec le réflecteur de 100 pouces du Mont Wilson; en utilisant des méthodes interférométriques, il a constaté le 30 décembre 1919 que la séparation était de 0,042″ et l'angle de position de 148° ou 328°. Une série d'observations du même genre permettrait de déterminer l'inclinaison de l'orbite et les masses des composantes.

§ 3. — Physique

L'effet du passage d'un rayon α à travers un atome. — En 1910, Millikan et Fletcher[3], en capturant au moment de l'ionisation les résidus positifs d'atomes ionisés par les rayons X, et par les rayons β et γ du radium, avaient montré que l'acte de l'ionisation par ces agents consiste dans le détachement d'un seul électron négatif d'un atome neutre.

La méthode employée par les auteurs consistait à équilibrer la force de la pesanteur agissant sur une minuscule goutte d'huile par un champ électrique vertical intense, à maintenir la goutte d'huile en observation dans un télescope à l'aide d'un faisceau lumineux puissant, puis à faire passer un faisceau très limité de rayons X, β ou γ immédiatement au-dessous de la goutte, à capturer sur la goutte l'ion positif formé par l'ionisation d'une molécule neutre au moyen des rayons étudiés, et enfin à mesurer la charge communiquée à la goutte par la capture de l'ion en observant la vitesse imprimée par cette augmentation de charge.

Plus récemment, Millikan a attaqué le problème plus difficile, mais aussi plus intéressant de la capture, par la même méthode générale, des ions formés par le passage d'une particule α à travers l'atome, dans l'espoir de constater que ce volumineux et puissant agent d'ionisation détacherait souvent plus d'un électron négatif d'un seul atome. Ses expériences, commencées avant la guerre, ont été continuées depuis par Gottschalk et Kelly et ont conduit aux résultats suivants[1] :

1° Des rayons α ont été lancés à travers des atomes des espèces les plus diverses (H,C,O,N,Cl,I,Hg) et de poids atomiques variant de 1 à 200, sans qu'on ait jamais constaté l'indice de la formation d'ions multivalents.

2° 2.900 ions formés par le passage de rayons α à travers des molécules neutres ont été captés sur des gouttes d'huile à l'instant de l'ionisation, et les charges portées par ces ions ont été mesurées individuellement. Sur ces 2.900 captures, 5 ont peut-être correspondu à des charges doubles, quoiqu'elles aient plus probablement résulté de l'arrivée simultanée sur la goutte de 2 ions simples.

3° Dans aucun cas, on n'a observé la formation par une particule α d'ions portant 3 charges ou plus, même avec le mercure où l'on pouvait espérer la formation d'ions octovalents.

4° En résumé, l'ionisation par les rayons α consiste donc, au moins 99 fois sur 100, pour tous les gaz et vapeurs étudiés, dans le détachement d'un seul électron négatif d'une molécule neutre.

§ 4. — Chimie

L'isolement chimique des vitamines. — Les vitamines sont des substances de composition chimique inconnue, qu'on rencontre dans certains aliments et tissus végétaux ou animaux. Elles sont essentielles pour le maintien de la santé et pour la croissance normale des animaux et de l'homme. On a reconnu actuellement l'existence de trois vitamines au moins : la vitamine anti-scorbutique, dont l'absence dans le régime provoque le scorbut; la vitamine dite soluble dans les graisses, existant dans le beurre et certaines autres graisses; et la vitamine antinévritique, dont une quantité suffisante doit être consommée pour prévenir la maladie connue sous le nom de béribéri.

En ces dernières années, les vitamines ont été l'objet d'un grand nombre de recherches biologiques, sur leurs rapports avec la croissance et la santé, mais on est beaucoup moins au clair sur leur nature chimique. Quelques auteurs ont assigné des propriétés physiques et chimiques définies à des substances qu'on ne possédait que sous forme brute et impure, sans se douter que les termes de solubilité, de dissociation et autres ne signifient rien pour les mélanges ou les extraits de composition inconnue que sont les préparations vitaminiques actuelles. L'étude de la composition chimique des vitamines s'impose donc.

MM. C. N. Myers et C. Voegtlin[2] s'y sont attelés, au Laboratoire d'Hygiène du Service de la santé publique des Etats-Unis, en opérant d'abord sur la vitamine antinévritique. Ils se sont adressés à la levure de brasserie, qui est très riche en ce corps; ils utilisèrent d'abord la levure autolysée, puis, par suite de sa composition complexe, ils lui substituèrent la levure sèche. Leurs principales observations se résument ainsi :

Le filtrat de levure autolysée, par suite de sa complexité, constitue un point de départ peu satisfaisant pour l'isolement chimique de la vitamine antinévritique. L'émulsion de mastic, la terre à foulon, le phosphate ferrique, etc. sont des réactifs d'adsorption non satisfaisants parce qu'ils manquent de spécificité. Ces réactifs enlèvent également des matières basiques inactives qui ne peuvent être séparées du corps actif par nos méthodes actuelles. L'huile d'olive et l'acide oléique enlèvent la substance antinévritique du filtrat de levure autolysée, montrant ainsi qu'elle est soluble dans les graisses aussi bien que dans l'eau sous forme

1. *Astronom. Journal*, n° 765.
2. *Observatory*, mars 1920.
3. *Philos. Magaz.*, [6], t. XXI, p. 753; 1911.

1. *Proc. Nat. Acad. of Sc. of the U. S. of America*, t. V, n° 12, p. 591; déc. 1919.
2. *Proc. Nat. Acad. of Sc. of the U. S. of America*, t. VI, n° 1, p. 3; janv. 1920.

d'extrait brut. La stachydrine, la trigonelline et d'autres bétaïnes n'ont aucune action antinévritique; l'histidine et ses éthers sont également inactifs.

La substance active est facilement extraite de la levure desséchée par l'alcool méthylique acide. L'extrait peut être purifié par la méthode à l'argent de Funk et le procédé au sulfate mercurique, en donnant une matière active d'apparence cristalline. Cette substance devient inactive par séchage. La méthode des auteurs élimine les purines, l'histidine, les protéines et les albumoses, en laissant un liquide qui peut être cristallisé et contient probablement de l'histamine ou des substances analogues. L'action physiologique des fractions actives ressemble à celle des extraits de la muqueuse de l'intestin grêle, lorsque les extraits de l'intestin et de la levure ont été préparés de la même façon.

§ 5. — Botanique

La fécondation sélective par les mélanges de pollens. — Les traités de Biologie signalent tous l'existence de plantes *auto-stériles*, c'est-à-dire incapables d'être fécondées par leur propre pollen. Et ils ajoutent que, même chez les plantes *auto-fertiles*, les cellules germinales d'individus différents sont souvent plus capables d'accomplir la fécondation que celles de l'individu lui-même.

Cette supposition est-elle bien fondée? M. D.F. Jones[1] a voulu la soumettre au contrôle d'une expérience sévère, en utilisant la méthode de la fécondation par des mélanges de pollens portant des caractères héréditaires tels qu'ils permettent de distinguer les différentes sortes de graines résultant de la pollinisation.

Ainsi, si l'on prend du pollen de deux types distincts de maïs, A et B, en quantités approximativement égales, et si, après l'avoir mélangé soigneusement, on applique le mélange aux plantes qui ont fourni ce pollen, il est possible d'obtenir et de séparer deux espèces distinctes de graines sur chaque plante. Sur les plantes A, on aura des graines A × A provenant de l'auto-fécondation, et A × B provenant de la fécondation croisée; sur les plantes B, on aura de même des graines B × A et B × B. Les nombres des individus de chaque classe forment une proportion telle que les graines A × A sont aux graines A × B (produites sur les plantes A) comme les graines B × A sont aux graines B × B (produites sur les plantes B). Si la fécondation a lieu au hasard, ces nombres doivent former une proportion parfaite, quelles que soient les proportions relatives de pollen fonctionnel présent dans le mélange et le nombre total de graines obtenues. S'il y a une déviation de la proportionnalité exacte, celle-ci sera, suivant son sens, en faveur de la fécondation croisée ou de l'autofécondation.

L'auteur a pratiqué, suivant ce schème, vingt pollinisations mixtes, en utilisant des types différents de maïs, et il a obtenu 63.694 graines. Celles-ci ont été classées et comptées et on a calculé les proportions de chaque type de graines : 17 séries sur 20 présentent un écart de la proportionnalité exacte en faveur du pollen même de la plante, et 3 seulement présentent l'effet inverse. Dans 15 de ces 17 séries : la déviation est si accusée qu'il n'y a aucun doute que, chez le maïs, il existe une préférence prononcée de la plante pour son propre pollen, quoique le pollen étranger soit parfaitement capable d'accomplir la fécondation lorsqu'il n'est pas en compétition.

D'autres expériences du même genre ont été effectuées avec des tomates; comme pour le maïs, les résultats obtenus par la pollinisation mixte présentent un écart en faveur du pollen de la plante même.

L'auteur croit pouvoir tirer de ces observations des conclusions qui vont à l'encontre de bien des idées courantes. Ainsi on admet généralement que l'hétérogénéité de la structure protoplasmique est favorable au développement; en d'autres termes, l'union d'éléments divers et le défaut d'équilibre qui en résulte stimulent la croissance. M. Jones croit que cet héritage du darwinisme est fondé sur un raisonnement fallacieux et n'est pas conforme aux faits. L'hypothèse précédente a été utilisée dans la théorie du rajeunissement, l'explication de la vigueur des hybrides et les spéculations sur la fécondation sélective. Or on n'admet plus aujourd'hui la nécessité de la reproduction sexuelle de temps à autre pour le maintien des organismes qui se reproduisent asexuellement. On conçoit facilement que le processus de formation de gamètes qui se réunissent pour constituer un individu nouveau puisse provoquer une réorganisation du protoplasma avec élimination de déchets et une augmentation de la croissance, mais l'explication de ce processus ne réside pas nécessairement dans la combinaison d'élément différents. La vigueur des hybrides se conçoit maintenant comme un phénomène d'hérédité pure et l'hypothèse de la stimulation physiologique n'est plus nécessaire. Les combinaisons de facteurs homozygotes sont donc, d'après l'auteur, plus efficaces que les combinaisons hétérozygotes des mêmes facteurs.

1. *Proc. Nat. Acad. of Sc. of the U. S. of America*, t. VI, n° 2, p. 66; févr. 1920.

§ 6. — Physiologie

La relation entre le nombre de leucocytes et la position du corps. — Hasselbach et Heyerdahl ont montré que le nombre des globules blancs du sang varie quand le corps change brusquement de position : le passage à la station debout s'accompagne d'hypoleucocytose, tandis qu'une hyperleucocytose se produit lors du passage brusque à la position couchée, ces variations pouvant atteindre 100 %. Ce phénomène, dont la constance a été vérifiée par Ellermann et Erlandsen, a été attribué au changement de position lui-même; le nombre des leucocytes s'égaliserait ensuite rapidement.

Or des expériences nouvelles de G. Jœrgensen[1] tendent à montrer que ce qui est essentiel, ce n'est pas le changement de position, mais la position elle-même, la réaction se produisant encore dans le cas où le passage d'une position à l'autre se fait avec une extrême lenteur.

Cet auteur a opéré sur des sujets étendus sur un panneau mobile autour d'une charnière et pouvant passer lentement de la position verticale à l'horizontale, et réciproquement. Au moyen de cet appareil, il a reconnu que le nombre leucocytaire reste stationnaire tant que la personne en expérience garde telle ou telle position, et ne change qu'au moment où cette position est changée, pour demeurer de nouveau stationnaire aussi longtemps que la nouvelle position est gardée.

En d'autres termes, il y a deux niveaux leucocytaires différents : un niveau bas, correspondant à la station debout, et un niveau élevé, celui de la position couchée; la différence entre ces deux niveaux peut dépasser 100 % (ex. : 3.300 à 11.600 leucocytes par mm³). Le passage d'un taux à l'autre se trouve accompli au moment où le sujet, se déplaçant de la position couchée, a atteint une position inclinée de 45° sur l'horizontale.

C'est probablement dans l'existence de ces deux taux, jusqu'ici inconnue, qu'il faut chercher l'explication des variations considérables que présentent les chiffres leucocytaires notés à l'état normal comme dans les divers états physiologiques.

Quant à l'explication de ces variations leucocytaires, il faudrait, d'après les recherches de Hasselbach et Heyerdahl, de Ellermann et Erlandsen et de l'auteur, la chercher dans l'inégalité de distribution des leucocytes dans les petits vaisseaux périphériques, inégalité provoquée par les modifications dans le fonctionnement du cœur, probablement par les variations de la vitesse de circulation.

1. Communic. à la Réunion danoise de Biologie. *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXXII, n° 16, p. 689; 8 mai 1920.

§ 7. — Géographie et Colonisation

La valeur économique de l'Alsace et de la Lorraine. IV. Les industries[1]. — L'évolution du pays vers la grande industrie date du milieu du XIXe siècle, au moment de la création des premières voies ferrées, de 1850 à 1860; la jonction du canal de la Marne au Rhin à Strasbourg est de 1853; celle du canal du Rhône au Rhin est antérieure de vingt ans (1832). Mais, comme l'a montré M. Paul Vidal de la Blache, cette industrie existait déjà en germe dans les papeteries, les blanchisseries, les tréfileries et martinets, les tissages mécaniques localisés dans les hautes vallées vosgiennes par la pureté et la limpidité des eaux, par leur puissance hydraulique, dans les forges et verreries attirées par les régions boisées. Pourtant, c'est dans la plaine, où l'on trouve de plus grandes facilités pour les transports et la concentration, que la grande industrie s'est installée. On comptait avant la guerre près de 10.000 établissements industriels, occupant plus de 250.000 personnes. Les échanges se faisaient pour 72 °/₀ avec l'Allemagne et 11 °/₀ seulement avec la France.

Après 1871, 500.000 personnes passent la nouvelle frontière et c'est l'exode de beaucoup d'industries : les lainages de Bischwiller vont à Elbeuf, les faïenceries de Sarreguemines installent une filiale à Digoin, sur la Loire; mais la plupart s'arrêtent de l'autre côté des Vosges : la construction mécanique à Belfort, la sidérurgie à Jeuf, les industries du coton à Thaon et autour d'Epinal, dans la vallée de la Moselle et dans la vallée de la Meurthe, en aval de St-Dié, le fil à coudre, à Belfort.

La grande industrie métallurgique est naturellement installée en Lorraine, au voisinage du bassin houiller de la Sarre (Petite Rosselle, Styring-Wendel, etc.) et des affleurements du minerai de fer (Rombas, Hayange, Knutange, Moyeuvre, etc.). A l'inverse des autres branches industrielles, elle s'était créée avec des capitaux en grande partie allemands; presque seules faisaient exception les usines de Wendel[2]. Très concentrée, en groupes puissants, elle disposait avant la guerre de 68 hauts fourneaux, 27 convertisseurs, 10 fours Martin. Le tableau suivant donne, *en milliers de tonnes*, sa production en 1913 et en 1918:

	1913	1918
Fonte	3.462	1.443
Acier	2.263	1.364
Demi-produits	797	326
Produits finis	1.364	789

La Société alsacienne de Constructions mécaniques fabrique dans ses usines de Mulhouse les machines textiles, les moteurs à gaz, les machines à vapeur, les chaudières, etc., et dans celles de Graffenstaden, les locomotives et les machines-outils. D'autres ateliers de constructions existent à Niederbronn, Reichshoffen, Guebwiller, Zornhoff, près de Saverne, Molsheim, etc. Sarreguemines a une fabrique de coffres-forts et Strasbourg une fabrique d'horloges.

L'industrie textile, qui a pris un si bel essor en Alsace, a débuté par la fabrication des toiles peintes ou indiennes, en 1746, à Mulhouse. Elle a été favorisée par la présence d'une main-d'œuvre abondante et à bon marché, par les propriétés chimiques des eaux de la montagne. Cette industrie s'est localisée dans les vallées vosgiennes, attirée par les forces hydrauliques, en même temps que repoussée de la plaine, trop riche pour que le paysan y soit attiré par les usines. La région de Mulhouse fait presque seule exception à cette règle : c'est grâce à son ingrate structure géologique qu'elle s'est peuplée d'établissements industriels de toute sorte. Aujourd'hui même encore, bien qu'utilisant la houille pour les quatre cinquièmes de la force motrice, les manufactures sont restées dans les vallées inférieures, à Thann, Wesserling, Massevaux, Guebwiller, etc. Quelques transformations se sont simplement produites : Sainte-Marie-aux-Mines, par exemple, de centre cotonnier est devenu centre lainier[1]. L'Alsace possède toutes les branches de l'industrie textile : filature, tissage, apprêt, teinture, blanchiment, impression; c'est le coton qui est prépondérant, représenté par 1.700.000 broches (7.570.000 en France), 46.000 métiers (140.000 en France), 160 machines à imprimer (130 en France); Mulhouse possède 30 °/₀ de cet outillage, Colmar, 18 °/₀. On voit de quelle puissance de production l'industrie cotonnière alsacienne accroît la nôtre : de 26 °/₀ pour la filature, de 30 °/₀ pour le tissage, de 100 °/₀ pour le blanchiment, la teinture et l'impression. Il s'agit maintenant de trouver des débouchés à cet excédent de production, soit à l'étranger, soit dans nos colonies, et, comme solution transitoire, le Traité de Versailles oblige l'Allemagne à recevoir en franchise pendant 5 ans les exportations alsaciennes. On peut regretter que ce délai n'ait pas été au moins doublé.

La laine vient au second rang, après le coton. La filature de laine cardée est très ancienne et date du XVe siècle, mais c'est surtout du milieu du XIXe siècle que date le développement de cette industrie textile; la filature de laine peignée date de 1838. L'Alsace compte 568.000 broches de laine peignée (en France, 2.500.000), qui donneront à notre pays le premier rang dans cette branche industrielle; elles sont localisées pour 67 °/₀ à Mulhouse, 14 °/₀ à Malmerspach, 10 °/₀ à Erstein, 9 °/₀ à Colmar et environs. Le tissage de la laine représente 10.000 métiers (France, 46.000) : c'est une augmentation de 20 °/₀ de la puissance productive de la France.

Les autres textiles ont moins d'importance. La soie vient au troisième rang. La soierie pure est fabriquée par trois manufactures, dont les deux plus importantes appartiennent à des Suisses et se trouvent à Huningue. La soierie mélangée occupe 1.500 à 2.000 métiers, localisés à Guebwiller, Mulhouse, le Logelbach, Colmar. Le tissage des rubans a pris un certain essor, occupant 2.000 à 3.000 métiers, localisés la plus grande partie à Saint-Louis, où ils appartiennent à des maisons de Bâle, et partie à Sainte-Marie-aux-Mines, où cette industrie existait déjà au XVIIe siècle et se confondait avec celle de la passementerie. Les fabriques suisses de Saint-Louis vont se trouver en concurrence avec celles de Saint-Etienne, handicapées par des salaires plus élevés. La filature de schappe — dont les débuts peu encourageants remontent à 1852 — n'est plus représentée que par deux usines situées à Soulzmatt (9.000 broches, capitaux bâlois) et à Colmar (4.610 broches). Enfin, trois établissements, qui traitaient le jute à Bischwiller et à Colmar, ont fabriqué pendant la guerre la fibre de papier. La peluche pour chapeaux est préparée en Lorraine à Sarreguemines et à Puttlange. Notons enfin que la construction du matériel de filature et de tissage se fait dans les usines de la Société Alsacienne et dans d'autres ateliers à Guebwiller, Bitschwiller et Thann.

Les industries chimiques préparent les produits nécessaires à la teinture et à l'apprêt ou traitent les matières premières, la potasse d'Alsace et le sel de Lorraine. Les centres sont : Mulhouse, Thann, Bouxwiller, Dieuze et Sarralbe. Strasbourg possède une fabrique de couleurs et de bougies. La verrerie, la porcelaine et la faïence constituent des branches importantes dont les sièges sont à Sarreguemines, Saint-Louis, dont la cristallerie remonte à 1767, Vallérystal, Meisenthal, Trois-Fontaines. Rixheim a une fabrique de papiers peints. Les tanneries sont localisées à Strasbourg, Barr et Colmar, et la chaussure est fabriquée à Strasbourg, Dettwiller, près de Saverne, et Metz. Strasbourg, enfin, est le centre principal de la brasserie et de la minoterie, les deux plus importantes des industries alimentaires.

Pierre Clerget,
Directeur de l'Ecole supérieure de Commerce de Lyon.

1. Voir nos précédentes notes sur : la population, l'agriculture, les forêts et les mines dans la *Rev. gén. des Sciences* des 15 mai, 30 mai et 15 juin 1920.

2. Les premiers établissements de Wendel débutent à Moyeuvre, Hayange, en 1711.

L'INTERFÉROMÉTRIE ET LES APPAREILS INTERFÉRENTIELS DE M. BARUS

Les interféromètres ont pénétré dans les usines pendant la guerre. Ils ont servi en particulier à doser les mélanges de vapeurs d'éther et d'alcool captées pendant le séchage des poudres B. On a cherché à les employer pour le dosage des mélanges de vapeurs nitreuses et de gaz ammoniac obtenus dans la fabrication de l'acide nitrique synthétique à partir de la cyanamide. Le succès relatif de ces applications industrielles est dû à la valeur scientifique du personnel dont les usines ont disposé pendant la guerre. Celle-ci terminée, les interféromètres resteront inutilisés.

Même dans les laboratoires de recherches proprement scientifiques, la mesure de petits déplacements ne se fait pas toujours à l'aide d'interféromètres. A. G. Webster[1] utilisa d'abord un interféromètre Michelson pour mesurer les amplitudes des vibrations du disque de son phonomètre. Il lui substitue actuellement un viseur à miroir objectif oscillant dont la sensibilité est du même ordre, et, sans doute, le réglage plus facile.

Il ne faut pas attendre un changement important de cet état de choses des travaux sur l'Interférométrie que nous devons à M. Carl Barus[2], professeur et doyen à l'Université Brown. Les appareils qu'il utilise sont souvent les appareils classiques de Michelson ou de Jamin plus ou moins modifiés. Ceux qui lui appartiennent en propre, nombreux mais non pas très différents dans leur principe, ne sont pas plus simples que les interféromètres classiques et sont d'un réglage particulièrement délicat. En tout cas, ils ont fourni à l'auteur des résultats dont l'intérêt théorique est considérable et qu'il convient de présenter de suite au lecteur.

1. *Proceed. of the National Acad. of Sci. of the U. S. of America*, 1919, p. 175.

2. *Publications of the Carnegie Institution of Washington* :

N° 149, part I (1911), part II (1912), part III (1914). The production of elliptic interferences in relation to Interferometry ; 273 pages.

N° 229 (1915). Experiments with the Displacement Interferometer ; 113 p.

N° 249, part I (1916), 158 p. ; part II (1917), 146 p. The Interferometry of reversed and non reversed spectra.

N° 249, part III (1919). Displacement Interferometry by the aid of the achromatic fringes ; 100 p.

Des articles parus dans *The American Journal of Science* ou dans *The Philosophical Magazine*, de 1910 à 1916, sont reproduits ou condensés dans les Publications. Les derniers travaux parus sont contenus dans *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U. S. of America*, années 1918 et 1919.

I. — Interférences de spectres

L'idée de faire interférer deux spectres n'est pas nouvelle. L'expérience de Talbot n'est pas autre chose, expérience classique, mais inféconde parce que non susceptible de variantes. M. Barus, qui ne redoute pas les chemins optiques compliqués, a su modifier de la façon la plus heureuse le dispositif de Talbot.

Dans un spectroscope, la fente du collimateur est généralement verticale. Vu dans la lunette, le spectre se présente comme une bande horizontale ABCD (fig. 1), dont le violet et le rouge occupent les deux extrémités droite et gauche ou inversement. Si j'appelle avec M. Barus (*Publication* 1916, p. 6) axe horizontal ou longitudinal du spectre la droite xx' horizontale passant par le

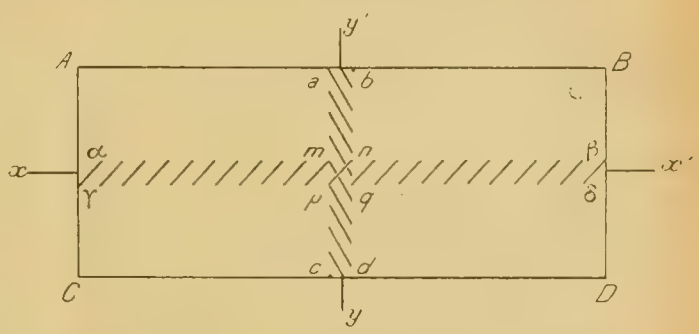


Fig. 1. — *Interférences de spectres, d'après le dispositif de M. Barus.*

milieu de la bande colorée, cet axe a les propriétés d'un axe polaire, d'un vecteur, dont les deux bouts de couleur différente ne sont pas identiques. Un fil fin opaque tendu horizontalement au travers et au milieu de la fente réalise pratiquement dans le spectre le tracé de cet axe sous forme d'une ligne noire. Les poussières dont il existe toujours quelque grain adhérent aux lèvres de la fente produisent des lignes noires toutes parallèles à cet axe.

Un spectre a un haut et un bas que la technique interférentielle doit distinguer. Tous les rayons concourant sur une même parallèle à l'axe horizontal sont isogènes, c'est-à-dire issus d'un même point de la fente. Les rayons concourant sur deux horizontales différentes ne sont pas isogènes. En particulier, si on arrive à les superposer, le haut et le bas d'un spectre ne peuvent interférer. Il y a donc lieu de définir un axe vertical ou transverse du spectre yy' ; on le fera passer vers le

milieu du spectre visible, le plus souvent au milieu de l'intervalle des raies D_1 et D_2 du sodium; ce sera encore un axe polaire. Les raies de Fraunhofer sont des lignes noires parallèles à cet axe.

La superposition de deux spectres d'*égales dimensions* peut se faire de diverses manières :

1° Les axes verticaux et horizontaux sont parallèles et de même sens. J'appelle ces spectres *directs* (non reversed).

2° Les axes verticaux sont parallèles et de même sens, les axes horizontaux parallèles et de sens contraires. J'appelle ces spectres *retournés* (reversed). La superposition est faite avec rotation de 180° pour l'un des spectres, autour de l'axe transverse. Le violet d'un spectre est sur le rouge de l'autre.

3° Les axes horizontaux étant parallèles et de même sens, les axes verticaux sont parallèles et de sens contraire. J'appelle ces spectres *rabattus* (inverted). Le rabattement est effectué autour de l'axe longitudinal. L'image du haut de la fente dans un spectre est superposée à l'image du bas de la fente dans l'autre spectre.

4° Les axes verticaux et horizontaux sont respectivement parallèles et de sens contraire. Les spectres sont à la fois *retournés* et *rabattus*.

5° Pour être complète, l'énumération doit mentionner les spectres croisés représentés par la figure 3.

Ces combinaisons n'ont pas seulement le mérite de l'ingéniosité. Elles fournissent une contribution intéressante à l'importante question de la dépendance des phases dans les vibrations de deux points lumineux voisins et à celle non moins importante de l'interférence de rayons de couleur différente (battements lumineux). Disons de suite que la contribution, pour intéressante qu'elle soit, n'apporte aucun argument décisif.

Deux spectres *directs* interfèrent en chacun de leurs points. Le rectangle ABCD (fig. 1) est entièrement barré de franges non représentées. Elles sont rectilignes, analogues aux franges des spectres cannelés, à ceci près que leur direction n'est pas nécessairement parallèle à la fente.

Deux spectres *retournés* n'ont en coïncidence qu'une seule raie, celle qui joue le rôle d'axe transverse ou vertical. Le lieu des franges possibles semble devoir être limité à cet axe seulement. C'est une droite géométrique pour une fente infiniment fine, et dans ce cas les franges seraient parfaitement invisibles. C'est une bande très étroite dans un spectroscope capable de dédoubler la raie D. M. Barus obtient des franges dans un rectangle *abcd* (fig. 1), dont la hauteur est la hauteur commune des spectres et la largeur $ab = cd$ équivaut à la moitié environ de l'intervalle qui sépare les raies D_1 et D_2 du sodium [*Publ.* 1916, p. 10]. Avec le dispositif décrit *Publ.* 1917, p. 27, cette largeur a pu s'élever à 10 ou 20 fois l'intervalle des raies D_1 et D_2.

L'axe vertical des spectres n'est pas nécessairement dans le jaune et peut être amené sur n'importe quelle couleur. Dans ce cas, la bande *abcd*, lieu des franges d'interférences, suit les déplacements de l'axe dans le spectre et garde sensiblement la même largeur [*Publ.* 1916, p. 10].

Deux spectres *rabattus* n'ont en coïncidence que les rayons issus du milieu de la fente, étalés suivant leur longueur d'onde le long de la ligne xx' (fig. 1). Le lieu des franges possibles est cet axe xx' défini comme droite géométrique de largeur nulle ou du moins très petite. Les franges ne sont visibles que si cette largeur devient appréciable. L'expérience montre que le lieu des franges est une bande horizontale $\alpha\beta\gamma\delta$ (fig. 1), dont la hauteur $\alpha\gamma = \beta\delta$ vaut environ une fois et demie la distance des raies D_1 et D_2. De cette donnée et des caractéristiques de l'appareil utilisé, l'auteur conclut que l'interférence est possible entre deux rayons de même couleur issus de deux points de la fente-source distants de 1/10 de millimètre environ [*Publ.* 1916, p. 13]. Une autre expérience décrite *Publ.* 1917, doublerait cette tolérance (p. 64) et au delà (p. 65).

Il paraît difficile d'admettre une pareille tolérance d'isogénéité, de même que paraît inadmissible l'interférence de rayons dont la longueur d'onde diffère de plusieurs dix-millionièmes de millimètre. (Les raies D_1 et D_2 présentent une différence de six dix-millionièmes de millimètre.)

Sans être à même de donner une explication complète du phénomène constaté par M. Barus, je puis donner quelques raisons qui montreront à quel point la réserve en ces matières s'impose.

Fresnel a décrit des franges dites *en S* qu'on obtient très aisément avec ses deux miroirs classiques, imparfaitement réglés, éclairés par une source ponctuelle. La figure 2 en donne un aspect schématique. Plus exactement, ce sont les franges en S qu'on obtient presque invariablement par un premier essai, et les réglages ultérieurs tendent à transformer les franges en S en franges rectilignes parallèles aux bords communs des miroirs.

Les franges ordinaires des miroirs de Fresnel se produisent dans la partie commune aux deux faisceaux que fournit l'appareil. C'est dans cette partie commune qu'on observe aussi les franges en S, mais *on peut les obtenir alors qu'il n'y a pas de partie commune*. Partons d'un système de

franges en S bien dessiné et faisons tourner l'un des miroirs de façon à conserver les franges, tout en diminuant progressivement la largeur du faisceau commun. *Quand il n'y a plus de faisceau commun, les franges persistent*[1]. Quand une bande noire sépare les deux faisceaux légèrement divergents, les franges en S sont encore visibles *dans cette bande* toujours à la même place et à peu près de même largeur : *elles se prolongent dans l'un et l'autre faisceau*. On a, proprement, l'aspect représenté par la figure 2. Le faisceau M_2 produit des interférences dans le faisceau M_1 *qu'il ne touche pas*, et inversement. M_1 et M_2 interfèrent dans la bande noire où *ils ne pénètrent pas*.

Fig. 2. — *Franges en S.*

En l'absence de toute théorie, je prends les mots toucher et pénétrer dans leur acception ordinaire.

La même cause n'intervient-elle pas dans les interférences signalées par M. Barus ? N'y a-t-il pas, dans les deux cas, une sorte de prolongement des lignes d'interférence hors des limites du champ que les théories admises prétendent à tort lui assigner ?

D'autre part, le fonctionnement parfait des réseaux que connaît bien M. Barus et dont les traits ont, dans bien des cas, une équidistance de l'ordre de 1/500 de millimètre nous impose de reculer au-dessous de cette limite la distance maxima à laquelle peut exister une dépendance des phases pour les vibrations de deux points sources voisins.

Il était nécessaire de poser ces restrictions ; il serait à souhaiter qu'elles amènent à fournir l'explication satisfaisante des phénomènes.

Si l'un des spectres est, par rapport à l'autre, à la fois *retourné et rabattu*, le lieu des franges doit être le rectangle *mnpq* (fig. 1) commun aux deux bandes déjà trouvées. C'est ce que montre l'expérience [*Publ.* 1917, p. 74].

La figure 3 représente 2 spectres croisés VR, V'R' dont les raies D_1 et D_2 sont superposées. Les flèches aux sommets VV' des rectangles indiquent la direction des axes longitudinal et transverse. Il ne peut y avoir interférence tout le long de la diagonale verticale du rectangle MNPQ parce que les rayons concourant en un point de cette diagonale ne sont pas tous isogènes. Le long de la diagonale MQ l'interférence existe. Elle est possible parce que, en chaque point, il y a identité de couleur et isogénéité. Les rayons interférant au voisinage du sommet Q sont issus de la partie supérieure de la fente, ceux interférant au voisinage de M, de la partie inférieure [*Publ.* 1917,

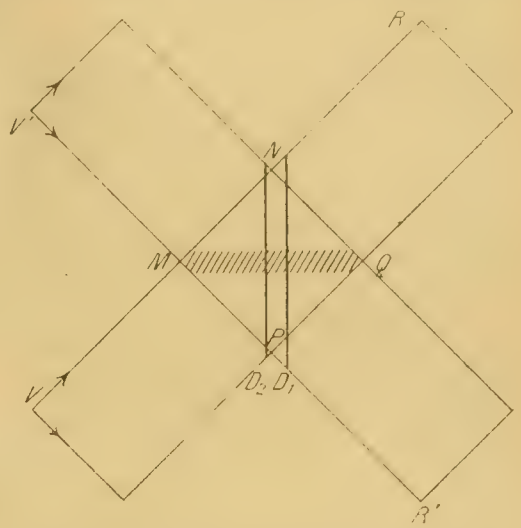


Fig. 3. — *Spectres croisés dont les raies* D_1 *et* D_2 *sont superposées.*

p. 74]. De M à Q la couleur varie dans l'ordre violet-rouge, et le point correspondant de la fente du bas au haut.

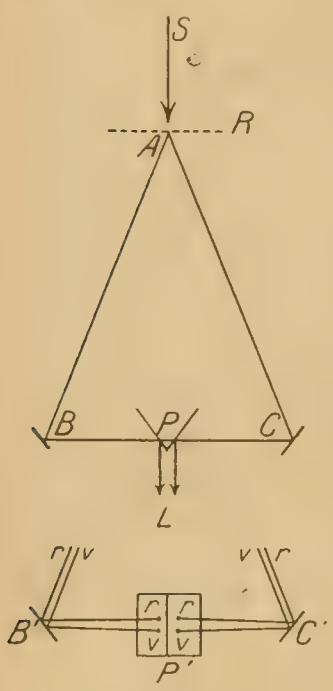
Sans le vouloir et par suite de défauts de montage, M. Barus a superposé deux spectres directs dont les axes vertical et horizontal ne pouvaient pas être amenés à la fois en coïncidence. Le parallélisme des axes verticaux détruisait le parallélisme des axes horizontaux et inversement. Cela revient à dire que les droites dites axe vertical et axe horizontal dans l'un au moins des deux spectres n'étaient pas perpendiculaires. Les spectres étant directs, le lieu d'interférence était réduit à une bande étroite verticale autour des axes verticaux amenés en coïncidence. Les franges disparaissaient si on superposait les axes horizontaux [*Publ.* 1916, p. 15].

Comment réaliser ces diverses superpositions de spectres ? M. Barus nous fournit une grande variété de dispositifs. Ils sont tous d'un réglage délicat et nécessitent un matériel de laboratoire spécialement adapté : chariots à vis micrométrique, supports de lames à trois rotations indépendantes, etc. Je citerai les suivants, pris parmi les plus simples (fig. 4). La lumière S est toujours supposée issue d'un collimateur et reçue en

1. Cette expérience, que je crois inédite, est étudiée dans le volume « Interférences et Diffraction », actuellement en préparation, volume qui doit faire partie de la « *Bibliothèque de l'Ingénieur et du Physicien* », œuvre magistrale de M. Bouasse.

L dans une lunette réglée pour l'infini. Le spectroscope, dont le collimateur et la lunette font partie essentielle, est complété par l'appareil bidispersif à décrire.

Soit ABC un triangle isocèle en A, horizontal. La lumière S arrive suivant la bissectrice AP de l'angle A et traverse normalement le réseau R à traits verticaux (la fente du collimateur est verticale). Les faisceaux diffractés par R cheminent suivant AB et AC, sont réfléchis en B et en C



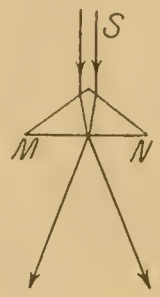


Fig. 4. — *Dispositif pour réaliser les superpositions des spectres.* — S, source de lumière; R, réseau; B, C, P, miroirs; L, lunette; MN, prisme isocèle, pouvant remplacer le réseau R.

par des miroirs verticaux convenablement orientés, réfléchis à nouveau en P par deux miroirs rectangulaires verticaux et reçus parallèles en L dans la lunette. Les spectres sont retournés [*Publ.* 1916, p. 8]. Le double miroir P peut être placé en un point quelconque de la droite AP pourvu que l'angle de ses plans réflecteurs soit convenable, ainsi que l'orientation des miroirs en B et C.

L'auteur a réalisé les deux montages pour obtenir des spectres *directs* [*Publ.* 1916, p. 105, et *Publ.* 1917, p. 37 et 63]. Dans ce cas, le réseau R supprimé en A est reporté en L dans un plan de front de l'objectif de la lunette, les traits restant verticaux. Pour diviser le faisceau lumineux en A, il utilise un prisme d'angle A/2 dont l'arête verticale passe par le point A et dont la bissectrice se confond avec la bissectrice AP. Bon nombre de dispositifs longuement décrits ne diffèrent que par la position du prisme P et du réseau R, lequel d'ailleurs, s'il est concave, remplace l'objectif de la lunette. En tout cas, pour obtenir des spectres directs, la dispersion n'agit que sur les rayons déjà ramenés au parallélisme.

Pour *rabattre* l'un des spectres (sans le retourner), gardons le dispositif de la figure 4 avec réseau en A, moins l'orientation du prisme miroir P, dont nous plaçons l'arête horizontale parallèle à AP et légèrement au-dessus du plan ABC. L'appareil se projette horizontalement suivant AB'C'P'. Les points marqués r, v (rouge, violet) sont les traces sur le plan horizontal des rayons réfléchis vers le haut par les faces du prisme miroir P'. Dans la lunette pointée suivant la verticale de P', on voit donc les spectres orientés de même quant aux couleurs. Le faisceau émané de la fente verticale a un haut et un bas. La partie supérieure touche les deux faces de P' plus près de l'arête que la partie inférieure. Les spectres sont donc rabattus [*Publ.* 1917, p. 64; 1916, p. 13].

Pour retourner *et rabattre* en même temps, il faut donner aux rayons AC et AB une dispersion de même signe. M. Barus le réalise en prenant pour faisceau S un faisceau déjà dispersé par un réseau R' plus dispersif que R toujours maintenu en A. Sur l'un des trajets, AC par exemple, la dispersion est augmentée, tandis que suivant AB elle est diminuée, mais non changée de sens. Dans la figure 4, il faut alors intervertir les lettres r et v sur la moitié de gauche. Le phénomène du rabattement persiste d'ailleurs. Les spectres sont donc à la fois rabattus et retournés [*Publ.* 1917, p. 73].

Il convient de signaler ici que le réseau R de la figure 4 peut être remplacé par le prisme isocèle MN disposé comme l'indique la figure. D'où un grand nombre de variantes dans les dispositifs de M. Barus [*Publ.* 1917, p. 27, 33, 40, 57, etc.].

Egalement, le double miroir P peut être remplacé par un réseau plan ou concave normal à la bissectrice AP, placé en un point convenable de cette bissectrice, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur du triangle [*Publ.* 1917, p. 10, 21, 26, 33, etc.; 1916, p. 30, 104, etc.]. Un réseau fournissant, pour un faisceau incident, au moins deux faisceaux émergents se conduit en effet comme un double miroir. Dans le triangle ABC, la position du réseau est imposée par le nombre de traits au millimètre, comme la position du double miroir par l'angle des deux plans réflecteurs.

II. — Franges elliptiques

Quelle est la forme des franges obtenues dans ces divers cas? Les figures 1 et 3 en donnent une idée. Les franges sont généralement rectilignes et équidistantes, mais leur orientation est quelconque par rapport aux axes du spectre.

Ces droites sont en réalité des arcs d'ellipses dont le centre se trouve en un point très éloigné dans le plan du spectre. Quand les franges sont verticales ou horizontales, le centre est sur le prolongement des axes horizontal ou vertical.

Par une rotation autour de AP, rabattons la partie gauche sur la partie droite de la figure 4. Les plans des miroirs B et C coïncident pour un réglage parfait. Supposons-les parallèles, mais à une petite distance l'un de l'autre. Nous avons le cas des interférences des lames minces [*Publ.* 1917, p. 15]. En l'absence de collimateur, avec une source étendue, en lumière monochromatique, on obtiendrait les franges circulaires des lames minces. Les cercles sont les lieux d'égale inclinaison des rayons réunis au foyer de l'objectif. Avec un collimateur dont la source est réduite à un point, l'inclinaison des rayons est unique. Le spectre qu'il fournit est une bande étroite étalée du rouge au violet. Sur cette bande, il existe des minima nuls qui correspondent aux radiations pour lesquelles l'épaisseur et l'inclinaison réalisée produisent interférence. Quand le trou-source se déplace pour engendrer la fente du collimateur, il y a variation d'inclinaison des faisceaux, et les minima nouveaux introduits par les nouveaux points ne correspondent pas aux mêmes longueurs d'onde. Dans les nouvelles bandes horizontales colorées dont la juxtaposition constitue le spectre, les minima nuls ne sont pas en général sur la même verticale. Les lieux des franges sont des courbes. Ce sont très approximativement des ellipses coaxiales dont les axes sont parallèles aux axes longitudinal et transverse du spectre. Les dimensions des axes varient d'une ellipse à l'autre, sans que ces courbes puissent se couper [*Publ.* 1919, p. 21; 1917, p. 75]. En général, les plans des miroirs rabattus comme il vient d'être expliqué ne sont pas parallèles, d'où un déplacement du centre des ellipses dont les axes restent toujours parallèles aux axes du spectre. La translation de l'un des miroirs et chacune des deux rotations élémentaires par lesquelles il peut être rendu parallèle à l'autre déplacent les ellipses dans le plan focal de la lunette. De là, dans la portion de ce plan recouverte par les spectres, orientations et écartements variables des franges qu'on peut amener, par une rotation continue, de la position verticale à la position horizontale ou inversement.

On passe d'une façon continue de la forme 1 à la forme 2, puis à la forme 3 de la figure 5. 1 et 3 sont des arcs d'ellipse à centre très éloigné à droite ou à gauche. Dans le cas 2, le centre n'est pas dans le champ, mais l'axe vertical de l'ellipse y est. On voit sur la figure l'extrémité inférieure de l'axe de 4 ellipses. Les franges peuvent donc tourner de 180° en passant par la position horizontale, pour laquelle elles s'incurvent généralement d'une manière sensible.

Les mesures interférentielles sont faites, le plus souvent, avec des ellipses de la forme 2. A une translation de l'un des miroirs normalement à son propre plan correspond un déplacement mesurable de l'axe vertical ou, ce qui est la même chose, du centre des ellipses. Le déplacement du centre des ellipses est mesuré en longueurs d'onde d'après les raies du spectre avec lesquelles il coïncide.

Fig. 5. — *Formes des franges d'interférences des spectres.*

Il ne faudrait pas croire que, seuls, les dispositifs qui viennent d'être décrits et qu'on a le droit de trouver un peu compliqués, fournissent des franges elliptiques. L'auteur s'étend longuement sur les franges de même nature obtenues au moyen d'un réseau plan et d'une lame à faces parallèles sur laquelle se réfléchissent les rayons ayant traversé le réseau.

Il existe d'ailleurs un grand nombre de rayons séparés par ce système et qu'on peut faire interférer. La difficulté est plutôt d'identifier les couples de rayons interférents.

On trouve très facilement un système de franges au moyen du dispositif suivant. On applique sur la face gravée d'un réseau une lame de verre semi-argentée qu'on a soin de maintenir à une petite distance des traits au moyen de cales de papier. Avec un collimateur, on éclaire la face non gravée du réseau. On observe, dans une lunette, les faisceaux réfléchis par le système. On peut aussi observer par transmission. Généralement d'ailleurs, il faut observer hors du foyer de l'objectif, ce que l'auteur explique par des défauts de parallélisme des lames de verre.

Je cite cette vérification expérimentale des recherches de M. Barus parce qu'elle est facile et que sa réalisation est à la portée des laboratoires disposant de ressources modestes.

Les dispositifs décrits ci-dessus donnant les franges des lames minces reviennent, somme toute, au dispositif de Michelson. M. Barus utilise ce même dispositif légèrement modifié dans trois Publications datées de 1911, 1912 et 1914. La figure 6 est tirée de cette dernière, p. 209. T_1 et T_2 sont deux récepteurs téléphoniques dont il s'agit d'étudier les vibrations. S est le faisceau

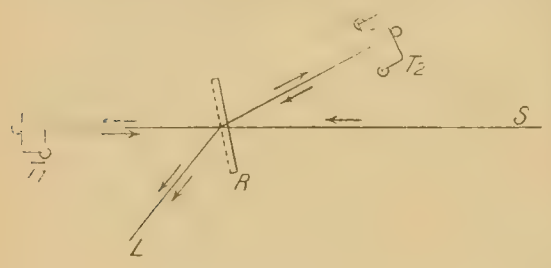


Fig. 6. — *Autre dispositif pour la production de franges d'interférences.*

S, faisceau de lumière blanche; T_1, T_2, récepteurs téléphoniques; R, réseau; L, lunette.

incident de lumière blanche parallèle. En L est la lunette réglée pour l'infini. La lame de Michelson est ici le réseau R. Il est dispersif pour les deux faisceaux reçus en L. On doit donc retrouver le phénomène déjà décrit, avec franges elliptiques. Effectivement, les trois Publications portent en titre : « Production d'interférences elliptiques. »

Les ellipses [*Publ.* 1911, p. 40-49 et 51-53] sont toutes à axes vertical et horizontal. Elles ont un centre commun qui, s'il est dans le champ, correspond à une longueur d'onde déterminée, à une direction déterminée des rayons qui y convergent et à une différence de marche déterminée entre deux de ces rayons. En écartant l'un des miroirs, augmentons cette différence de marche. Le centre se déplace vers les grandes longueurs d'onde. Les ellipses subissent une translation d'ensemble dans le même sens. En même temps, elles se dilatent dans le sens horizontal. De cette double déformation résulte que les extrémités de l'axe horizontal ont des vitesses de déplacement inégales. L'extrémité du côté rouge marche plus vite que l'extrémité du côté violet.

Les axes verticaux restent de grandeur à peu près invariable. Pour les faibles dispersions, l'axe majeur est l'axe vertical. C'est l'axe horizontal pour les fortes dispersions, en particulier dans les spectres d'ordre supérieur.

Les spectres sont directs et les franges couvrent le spectre en entier.

La figure 5 donne une idée des franges obtenues.

III. — Franges en lumière blanche

Les franges elliptiques peuvent être élargies à peu près indéfiniment au voisinage de leur centre [*Publ.* 1912, p. 129].

Les épaisseurs de verre traversées varient avec la direction des rayons à l'émergence. La différence de marche est minima au centre des ellipses. Elle ne s'annule en ce centre que si le réseau est emprisonné entre deux lames identiques. Mais il est facile de la réduire à volonté au moyen d'un compensateur. C'est quand elle devient très petite que les franges deviennent très larges (ou normes). Les franges à l'infini des lames parallèles sont visibles en lumière blanche pour une lame d'épaisseur presque nulle. Les franges elliptiques vues au spectroscope démesurément agrandies indiquent un état d'interférence commun à presque toutes les radiations du spectre, donc un phénomène visible en lumière blanche. Tel est le principe des franges que M. Barus appelle franges achromatiques [*Publ.* 1917, p. 120] et que je préfère appeler *franges en lumière blanche.*

En réalité, il ne s'agit pas de franges d'une espèce nouvelle ni d'une méthode nouvelle pour les obtenir. C'est proprement le réglage classique des miroirs de Jamin. Quand on a trouvé les franges en lumière homogène, on les élargit le plus possible et on substitue alors une source blanche à la source monochromatique.

Dans les dispositifs de M. Barus, appareils de Michelson ou de Jamin en particulier, le système de franges se compose d'une frange centrale parfaitement blanche bordée de deux franges noires très intenses; les franges suivantes sont irisées et s'estompent graduellement. La frange centrale convient particulièrement pour les mesures interférentielles. M. Barus prétend pouvoir apprécier un déplacement de cette frange égal à 1/100 de sa propre largeur. Le 1/50 serait fort beau et beaucoup se contenteraient de 1/20.

Le dispositif Jamin (fig. 7) à 4 lames parallèles aux sommets d'un rectangle ou même d'un parallélogramme a été aussi utilisé par M. Barus [*Publ.* 1917, p. 111 et 131]. La lumière au sortir de l'appareil est reçue sur un réseau, puis dans une lunette réglée sur l'infini. On trouve toujours des franges elliptiques et, pour un réglage convenable, des franges en lumière blanche.

L'originalité du travail de M. Barus consiste à

avoir fait de l'appareil une sorte de télémètre. Voici comment.

Dans la figure 7, m_1, m_2, m_3, m_4 sont 4 lames semi-argentées (m_1 peut être un miroir opaque); m_3 et m_4 sont montés sur un disque capable de tourner autour de l'axe O. S représente le faisceau incident et L la lunette d'observation.

L'appareil étant réglé pour donner les franges en lumière blanche, une petite rotation $\Delta\alpha$ du disque O les déplace. On peut les ramener en donnant à m_1, normalement à son plan, une translation ΔN convenable. D'où un principe de mesure d'une rotation $\Delta\alpha$ par une translation ΔN. L'appareil décrit *Publ.* 1917, p. 135 demandait à peu près un millimètre de translation pour un degré de rotation.

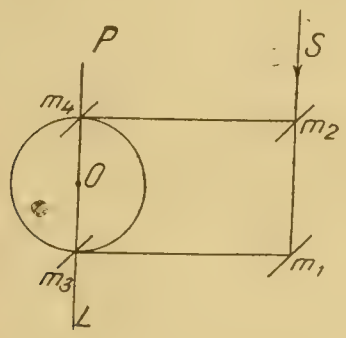


Fig. 7. — *Dispositif Jamin.*

Les lames m_3 et m_1 sont transparentes; on opère en lumière blanche et sans fente. S'il n'y a pas d'obstacle dans la direction LP, la lunette concentre à son foyer les rayons venant de l'infini, d'une étoile ou d'un clocher éloigné. L'image de l'étoile ou du clocher servira de point de repère pour les franges. Mais, inversement, l'appareil étalonné permettra de mesurer la distance angulaire de deux points éloignés.

Un objet éloigné est visible non seulement à travers les miroirs m_3 et m_4 par transparence, mais encore à travers m_2 et m_1 par transparence et réflexion. Les deux faisceaux issus de l'objet font un angle égal à $\frac{m_2 m_4}{d}$ si d est la distance de l'objet. Il y a, au foyer de la lunette, deux images du point observé. On peut les amener à coïncider en tournant le système des miroirs m_3, m_4. Mais les franges ont été déplacées. On les ramène à leur position par une *translation* du miroir m_1. Cette translation mesure, au taux trouvé, l'angle $\frac{m_2 m_4}{d}$ et par conséquent la distance d [*Publ.* 1917, p. 142]. La sensibilité indiquée par M. Barus correspondrait à la mesure d'une distance de 1.000 mètres à 10 cm. près [*Publ.* 1917, p. 146].

IV. — Séparation de deux raies voisines

Avant d'indiquer les applications que M. Barus a fait de ses appareils, je crois intéressant de citer tout au long l'expérience suivante [*Publ.* 1916, p. 89 et seq.].

L'appareil employé est représenté par la figure 8. Les réseaux réfléchissants R, R' ont même nombre de traits au millimètre. Le réseau R est plan; le réseau R' concave sert d'objectif pour la lunette L dont l'oculaire est fixe. On peut translater R' suivant son axe principal. Les rayons se croisent en O, circonstance à laquelle l'auteur semble attacher une grande importance, sans en fournir d'explication nette, ni de preuve convaincante [*Publ.* 1916, p. 78-94; *Publ.* 1917, p. 46].

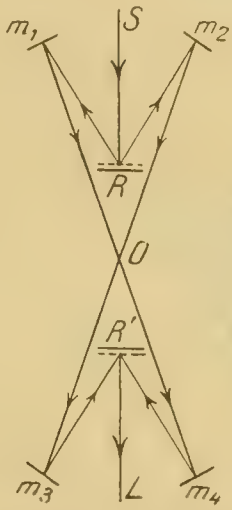


Fig. 8. — *Dispositif pour la séparation de deux raies voisines.*

En lumière du sodium, les franges se présentent comme une sorte de tissu lâche à fils de chaîne et de trame faciles à séparer. La forme 5 de la figure 9 étant réalisée par hypothèse, on passe successivement aux formes 6, 7, 8 en déplaçant le réseau R' dans un certain sens, aux formes 4, 3, 2, en le déplaçant en sens inverse. Il y a deux familles distinctes de droites (marquées d'une et de deux flèches sur la figure). Les droites de chaque famille tournent de 180° entre les positions 2 et 8, en passant par la position horizontale. Mais elles ne passent pas simultanément par cette position horizontale, d'où l'aspect de grillage. C'est pour la direction horizontale que l'écartement des droites d'une même famille est maximum. D'où la forme de la maille

carrée pour 5, la forme à maille voisine d'un rectangle allongé pour 4 et 6.

Le phénomène ne se réalise qu'avec la lumière intense du sodium. Encore doit-on, pour l'obtenir, éviter l'élargissement des raies qui arrive toujours au moment où on charge de sel marin l'arc électrique employé pour volatiliser le sodium. L'aspect décrit dans la figure 9 n'apparaît que quelque temps après le chargement.

Il n'est pas réalisé davantage avec le jaune du spectre solaire.

On n'obtient, avec la lumière monochromatique de l'arc au mercure, que l'une des familles de droite tournantes (la famille à une flèche par exemple).

L'auteur conclut de ces expériences que les familles à une et à deux flèches de la figure 9 sont dues séparément aux raies D_1 et D_2 du sodium. Il eût été intéressant d'assurer cette conclusion par l'expérience cruciale qui consiste à supprimer l'une ou l'autre des deux radiations. Cela n'est pas chose impossible pour M. Barus, dont les réglages minutieux se rencontrent à chaque page. Il l'a d'ailleurs réalisé dans d'autres cas [*Publ.* 1916, p. 29].

Pour passer de la forme 4 à la forme 6, la translation du réseau R′ est de 3 millimètres. C'est une variation énorme par rapport à la différence des longueurs d'onde des raies D_1 et D_2 qui est de 0,6 millionième de millimètre. L'appareil serait un spectromètre de haute sensibilité.

Fig. 9. — *Formes de franges obtenues avec l'appareil de la figure 8.*

V. — Résultats expérimentaux

Il n'est guère de phénomène mesurable par de petits déplacements ou par une petite variation d'indice de réfraction qui ne puisse être étudié au moyen des franges d'interférence. M. Barus en a étudié un très grand nombre. Il suffira d'énoncer les questions posées en notant les résultats nouveaux ou plus intéressants.

Attraction newtonienne de deux disques métalliques verticaux et coaxiaux presque au contact. Cette attraction est compensée et au delà par une répulsion que l'auteur a constatée et qu'il attribue à une condensation d'air sur les faces en regard. La position d'équilibre est atteinte asymptotiquement, à une vitesse indéfiniment décroissante caractéristique de la viscosité de l'air emprisonné entre les deux disques. Pour des disques de 20 cm. de diamètre distants de 1 mm. la répulsion serait de l'ordre de 0,5 dyne, bien supérieure aux forces de gravitation et aux actions électriques pour les potentiels admissibles [*Publ.* 1915, p. 1 à 71; *Am. J.*, 1914, p. 350].

Attraction newtonienne de deux masses sphériques [*Publ.* 1919, p. 71-82].

Déviations de la verticale. Etude du pendule horizontal [*Publ.* 1915, p. 1-48; *Publ.* 1919, p. 82-90].

Sphéromètre interférentiel [*Acad.*, 1919, p. 39].

Etude de vis micrométriques [*Am. J.*, 1912, p. 333; — *Publ.* 1914, p. 192-197; *Publ.* 1914, p. 213-216].

Module d'élasticité des solides (caoutchouc, cuivre, verre, acier) déterminé sur des petits échantillons; mise en évidence de l'hysteresis [*Publ.* 1919, p. 53-72].

Allongement d'un tube (acier, cuivre) soumis à une pression intérieure [*Publ.* 1917, p. 84-95].

Expansion des liquides isothermique et adiabatique [*Publ.* 1917, 93-94; *Acad.*, 1919, p. 340].

Indices de réfraction des cristaux [*Publ.* 1914, p. 169-188].

Indices de réfraction des verres [*Publ.* 1915, p. 72-90; *Publ.* 1917, p. 96-106].

Indices de réfraction de l'air en fonction de la longueur d'onde [*Publ.* 1915, p. 124-132], de la température [*Publ.* 1912, p. 132-142; *Publ.* 1916, p. 134-140; *Publ.* 1914, p. 234-231], de l'humidité [*Publ.* 1912, 148-168].

Indices de réfraction des gaz ionisés par les rayons X [*Am. J.*, 1912, p. 107; *Publ.* 1914, p. 217-222; *Publ.* 1916, p. 154-155]. L'effet de l'ionisation est inappréciable.

Indice de réfraction des flammes [*Publ.* 1914, p. 213-234; *Publ.* 1916, p. 140-141]. Les flammes ne peuvent pas être traitées comme des gaz chauds. A pression constante, la formule admise pour l'indice des gaz à la température t s'écrit :

$$n - 1 = \frac{n_0 - 1}{1 + \alpha t}.$$

$\alpha = 1/273$ pour la température ordinaire, mais prend une valeur bien plus petite à la température du rouge d'après les expériences de l'auteur, qui trouve $\alpha = 0{,}0361$ entre 20° et 100° et $\alpha = 0{,}0015$ environ entre ces températures et la température du rouge. Quoi qu'il en soit, toutes choses égales d'ailleurs, l'indice varie beaucoup de la température ordinaire à la température du rouge. Or, les interférences elliptiques sont à peine modifiées par l'interposition sur le trajet des rayons d'une flamme de bec Bunsen [*Publ.* 1916, p. 140].

Cette anomalie ne peut être attribuée à l'ionisation d'après ce qui a été constaté ci-dessus, au moins à l'ionisation par rayons X.

Détermination du rapport des chaleurs spécifiques à pression constante et à volume constant. Transformations isothermes et adiabatiques [*Publ.* 1912, p. 135-140 ; *Publ.* 1916, p. 142-156].

Action d'un champ magnétique sur les liquides [*Publ.* 1917, p. 107-130], sur le fer; magnétostriction [*Acad.*, 1919, 267-272 ; *Publ.* 1911, p. 34-38].

Polarisation des diélectriques. Phénomène de Kerr [*Publ.* 1914, p. 213-216].

Electromètres à quadrants [*Publ.* 1914, p. 266-273 ; *Am. J.*, 1914, p. 165 ; *Publ.* 1915, p. 103-113] et à cylindres [*Publ.* 1914, p. 266-273].

Entraînement de l'éther (dispositif pour le mesurer, expériences *à réaliser*) [*Acad.*, 1919, p. 121].

Vibrations des membranes téléphoniques [*Publ.* 1914, p. 206-210 ; 1919, p. 91-100 ; *Acad.*, 1919, p. 331-340].

Dans les expériences relatives à ces membranes, il est intéressant de signaler quelques détails qui forment un programme particulièrement attrayant et instructif de manipulations d'électricité.

M. Barus observe les vibrations téléphoniques dans une lunette à objectif oscillant dont il rend la fréquence égale à la fréquence des courants téléphoniques et qu'il excite par le primaire d'un transformateur dont le secondaire est relié aux bornes des téléphones. Combinées pour fournir le phénomène de Lissajous, les oscillations de l'objectif et des membranes produisent des ellipses parfaitement stables, puisque les excitations sont rigoureusement de même fréquence. On modifie à volonté la forme des ellipses en changeant les caractéristiques du secondaire, en modifiant sa self-induction, en y insérant des capacités. D'après la variation de la forme des ellipses, on peut donc reconnaître les retards ou les avances de phase introduits par ces modifications de circuit.

Je dois ajouter ceci :

La lunette faisait d'abord partie d'un appareil interférentiel Jamin pour l'étude des vibrations téléphoniques par les interférences en lumière blanche. M. Barus a trouvé plus avantageux de supprimer l'appareil interférentiel et d'étudier directement les vibrations au moyen de la lunette simplement modifiée par adjonction d'un mouvement oscillatoire à son objectif.

Ce délaissement des méthodes de mesure interférentielles par M. Barus lui-même confirme ce qui a été dit au début de cet article touchant l'avenir de l'interférométrie.

Il n'enlève rien d'ailleurs au mérite du savant et à la valeur scientifique de son œuvre. Le résumé succinct présenté ici des parties les plus originales ne donne qu'une faible idée de la prodigieuse variété de dispositifs qui y sont signalés et étudiés.

A condition de ne pas se laisser rebuter par les difficultés de la langue à traduire, par des calculs mathématiques longuement développés en vue de corrections souvent négligeables, par des retours fréquents, au cours des publications successives, sur les matières déjà traitées, un chercheur patient trouvera ample moisson à glaner.

J'ai signalé peu de résultats numériques. A consulter certain tableau de nombres des *Publications*, on serait tenté de condamner encore plus sévèrement les méthodes interférentielles et de tenir pour illusoire la sensibilité attribuée aux appareils. Ce serait injuste. La seule conclusion qui s'impose est que les interféromètres en général et ceux de M. Barus en particulier sont d'un réglage très difficile, mais d'un haut intérêt scientifique.

Z. Carrière,
Professeur à l'Institut Catholique de Toulouse.

REVUE D'ENTOMOLOGIE POUR LES ANNÉES 1910-1914

PREMIÈRE PARTIE : BIOLOGIE

Pour combler une lacune fâcheuse qui s'est produite dans les revues de ce journal, il conviendrait de présenter au lecteur un tableau des recherches entomologiques les plus intéressantes entreprises au cours de ces dix dernières années. Mais cette tâche est bien difficile à l'heure actuelle en raison des lacunes produites dans nos bibliothèques par le terrible cataclysme que nous venons de subir. A vrai dire, elle dépasserait peut-être nos efforts et l'espace dont nous pouvons disposer dans la « Revue générale », car les publications entomologiques se chiffrent tous les ans par milliers et le nombre des meilleures serait vraiment trop étendu. Aussi avons-nous restreint cette revue aux cinq premières années de la période, remettant à une date ultérieure celle relative aux cinq autres. C'est encore un bien vaste domaine et ceux qui en connaissent l'ampleur ne seront pas surpris s'ils le trouvent insuffisamment exploré ; au surplus, bien que réduit, il dépasse encore la connaissance d'un seul homme, et pour le parcourir, il convient de le scinder en plusieurs parties : un de nos meilleurs entomologistes, M. Lesne, étudiera ultérieurement les travaux de systématique, de géographie et d'entomologie agricole pour lesquels il présente une compétence hors ligne, et je bornerai mon effort, d'une part à la biologie, de l'autre à l'organisation et au développement des Insectes. Le présent article sera exclusivement consacré à la revue biologique.

I. — Biologie générale

§ 1. — Ouvrages généraux

Je commencerai cette étude par l'indication d'ouvrages généraux, qui, sans être consacrés spécialement aux Insectes, renferment néanmoins des observations ou des aperçus pleins d'intérêt pour l'entomologiste.

Il convient de signaler tout d'abord un volume, *Umwelt und Innenwelt der Tiere* (1910), où l'auteur, J. von Uexküll, s'efforce d'établir que le monde extérieur (*Umwelt*), ou du moins la perception de ce monde, varie dans la même mesure que l'organisation de l'être (*Innenwelt*) et semble être sous la dépendance de celle-ci ; appuyée sur des monographies biologiques, dont une fort suggestive consacrée à la Libellule, cette thèse ne nous paraît guère contestable, mais elle ne s'oppose point aux idées darwinienne ou lamarckiste contestées par l'auteur et, dans tous les cas, ne jette aucune lumière sur le mécanisme de l'évolution, encore qu'elle soit l'œuvre d'un des meilleurs esprits de l'Ecole mécaniste allemande.

Dans son ouvrage *Le Transformisme et l'Expérience* (1911), M. Rabaud cherche, au contraire, ce mécanisme et l'attribue exclusivement aux interactions de l'organisme et du milieu ; par des exemples bien choisis, et parfois empruntés au monde entomologique, il montre que ces interactions sont tributaires de l'expérience et qu'en les donnant pour base à l'évolution des êtres vivants, Lamarck, du même coup, indiquait aux transformistes une méthode de travail vraiment scientifique, la méthode expérimentale.

Avec l'ouvrage de Georges Bohn, *La nouvelle Psychologie animale* (1911), nous sommes loin de l'Ecole mécaniste allemande et nous pouvons suivre par étapes l'évolution psychique des animaux depuis les tropismes jusqu'aux degrés supérieurs de la mémoire associative. Pourtant l'auteur se rencontre avec Uexküll pour montrer que le psychisme des animaux se développe parallèlement aux systèmes nerveux et sensoriels, mais sans contester l'influence du milieu extérieur sur le milieu interne. Il convient de signaler, dans le volume de Georges Bohn, un chapitre très original sur les caractères de la sensibilité différentielle, et un autre consacré à l'analyse de certains phénomènes psychiques chez les Insectes.

§ 2. — Observations diverses

Arnold Pictet a fait connaître le résultat de ses longues recherches expérimentales sur les *mécanismes du mélanisme et de l'albinisme* chez les Lépidoptères[1], recherches effectuées en soumettant à des variations de température des chrysalides et quelquefois aussi des chenilles de Papillons. Ainsi que l'avait établi Charles Oberthür en 1893, les variations de couleur de ces Insectes ne se produisent que suivant deux modes, le mélanisme ou l'albinisme des parties, l'un et l'autre rarement complets, mais représentés surtout par des individus plus ou moins mélanisants ou albinisants. Quel qu'il soit, le changement n'est pas le résultat produit par un facteur anormal, « mais bien le fait de passer du milieu normal de l'espèce dans un nouveau qui ne lui convient pas ». Le mélanisme est produit par

1. *Mém. Soc. phys. et hist. nat. de Genève*, t. XXXVII, fasc. 3; 1912.

l'accumulation plus grande du même pigment dans les écailles, par l'augmentation du nombre et de la taille de ces dernières, enfin par une oxydation qui rend le pigment plus foncé ; et inversement l'albinisme résulte d'une diminution et d'une décoloration du pigment, d'une diminution dans la taille et le nombre des écailles qui parfois sont vides, rabougries, bombées et, au lieu de décomposer la lumière, la réfléchissent blanche. « Les recherches confirment, en une certaine mesure, un fait qui semble être assez général parmi les animaux : à savoir que le mélanisme est un signe de vigueur et de santé, et que l'albinisme, au contraire, dénote un affaiblissement de l'organisme. » L'albinisme et le mélanisme se manifestent chez les adultes, mais les recherches de l'auteur montrent qu'ils prennent naissance chez les chrysalides ou dans les chenilles.

Le même biologiste avait établi l'hérédité du changement de régime dans le Bombyx disparate ; poursuivant ses recherches dans la même voie, il a mis en évidence[1] l'*hérédité d'un curieux changement d'habitude* dans le Bombyx du chêne (*Lasiocampa quercus*). Les chenilles de cette espèce vivent aux dépens des végétaux à feuilles caduques et en rongent le limbe par les bords. Mises en présence du Sapin, elles ne purent en attaquer latéralement les aiguilles à cause de l'écartement trop faible de leurs mandibules, mais certaines les mordirent à la pointe, les évidèrent ensuite et se transformèrent pour donner des Papillons. Les chenilles issues de ces derniers conservèrent l'habitude nouvelle : mises sur le Fusain, la plupart ne surent plus en ronger les feuilles par le bord, tandis que d'autres les attaquèrent par le sommet ou se mirent à ronger le bout des rameaux comme leurs parents rongeaient les aiguilles du Sapin.

G. Bohn[2] explique cette curieuse expérience et, en général, l'hérédité des habitudes, en disant qu'on « hérite surtout de prédispositions », et qu'étant donnée leur éducation anormale, les Insectes nourris sur le Sapin avaient une moindre vitalité qui ne permettait pas à leur progéniture d'écarter suffisamment les mandibules pour mordre les feuilles du Fusain par les bords. C'est possible, mais bien peu vraisemblable, car ces feuilles sont très minces ; ce qui n'empêche pas l'hypothèse de la prédisposition héréditaire d'être la plus sérieuse dans l'état actuel de nos connaissances.

On doit à J. E. Wodsedalek[3] deux intéressantes études sur la prédominance de certains *tropismes* chez les nymphes d'une Ephémère, l'*Heptagenia interpunctata*. L'auteur a constaté qu'un stéréotropisme positif est le caractère essentiel du comportement de ces nymphes, qui sont du reste douées de phototropisme négatif, et qui arrivent ainsi à s'établir sur la face inférieure des pierres immergées. La prédominance du stéréotropisme sur le phototropisme est d'ailleurs établie par ce fait qu'on peut progressivement habituer les nymphes à se rendre de plus en plus loin aux pierres immergées, même en nageant contre les rayons lumineux. On peut les habituer de même à nager contre la lumière en leur présentant des fragments d'algues nutritives ; et cet apprentissage peut devenir tel que l'insecte sort de l'eau et se dirige vers l'expérimentateur même quand celui-ci n'apporte pas de nourriture.

C'est également à vaincre les *tropismes* que C. H. Turner d'un côté[1], J. S. Szymanski[2] de l'autre sont parvenus, en *accoutumant* les Blattes à la lumière, tout au moins la Blatte commune (*Periplaneta orientalis*). S'inspirant des recherches d'Yerkes sur l'Ecrevisse, ces biologistes sont arrivés, indépendamment et presque simultanément, à produire chez les Blattes des associations nouvelles qui conduisent l'insecte à vaincre son phototropisme négatif ; ils ont appris aux Blattes à se tenir en un lieu éclairé, et cela par le moyen de chocs électriques infligés aux patientes chaque fois qu'elles tentaient de se réfugier dans un lieu obscur. L'habitude ainsi acquise n'est pas le résultat d'un renversement phototropique dû à l'électricité, ainsi que Turner l'a établi en modifiant ingénieusement ses expériences. Le même biologiste a montré d'autre part[3] que les Blattes apprennent très vite à parcourir un labyrinthe ouvert pour s'abriter dans un gîte situé sur le bord de celui-ci ; elles rectifient leurs erreurs et, après une série d'essais infructueux, connaissent au bout d'un jour les moyens de se rendre au gîte sans faute.

Provoquer des *associations* de sensations nouvelles est le moyen qu'on emploie, depuis Forel et Lubbock, pour mettre en évidence chez les Insectes la *vision des couleurs*. Cette méthode a été mise en pratique, avec un plein succès, par J. H. Lowell[4], qui attire les Mellifères sur diverses couleurs, puis par C. H. Turner[5] qui opérait sur un vaste terrain couvert de Mélilots

1. *Arch. des Sciencesphys. et nat.*, Genève, t. XXXI ; 1911.
2. *Journ. für Psychol. und Neurol.*, t. XXI ; 1913.
3. *Journ. animal Behavior*, t. III ; 1913.

1. *Biol. Bulletin*, t. XXIII ; 1912.
2. *Journ. of animal Behavior*, t. II ; 1912.
3. *Biol. Bulletin*, t. XXV ; 1913.
4. *Amer. Naturalist*, t. XLVI ; 1912.
5. *Biol. Bulletin*, t. XIX ; 1910, et t. XXI ; 1911.

blancs parmi lesquels il introduisait des artifices de diverses formes et de colorations diverses. Dans toutes ces expériences, Abeilles et Bourdons revenaient à l'artifice coloré dont ils avaient pris l'habitude, qu'il fût ou non appâté de miel, à la même place ou à quelque distance. H. A. Allard[1] est arrivé au même résultat en modifiant les fleurs du Cotonnier ou en étudiant les Mellifères sur ce végétal en plein champ; dans ce dernier cas, il a vu ces Insectes se rendre à toutes les fleurs de Cotonnier, qu'elles fussent ou non pourvues de nectaires sur les folioles de leur involucre; mais quand ils arrivaient aux variétés asiatiques, où les nectaires sont absents, ils reconnaissaient vite leur méprise et s'envolaient ailleurs. Ainsi se trouvent rejetées, une fois de plus, les conclusions que Plateau déduisit de ses nombreuses, mais très insuffisantes expériences.

Des recherches précédentes, on ne saurait conclure que tous les Insectes savent distinguer toutes les couleurs que nous percevons. Dans un travail exécuté avec une finesse remarquable, Karl von Frisch[2] a établi que les Abeilles sont aveugles pour la couleur rouge et pour sa couleur complémentaire, le bleu vert, en ce sens que ces couleurs produisent chez elles la même impression que le gris foncé ou le noir. Ce sont des daltonistes. Et si, dans les expériences de Forel, Lubbock, Lowell et Turner, elles savent distinguer le rouge et le vert, c'est parce que les dites couleurs produisent sur leur rétine la sensation du noir.

On est assez peu renseigné sur l'*audition* des Insectes. C. H. Turner et E. Schwarz[3] observent que les jolis Papillons nocturnes du genre Lichénée (*Catocala*) répondent aux sons plus ou moins semblables à ceux que produisent leurs ennemis naturels ; ils agitent les ailes aux notes élevées d'un sifflet de Galton. Opérant sur les grands sericigènes américains, Turner[4] est arrivé à une conception semblable. Le *Telea polyphemus* semble toutefois ne pas réagir, mais c'est une apparence, et il suffit d'associer certains sons à un traitement désagréable pour que l'insecte manifeste sa sensibilité auditive. Ici d'ailleurs, comme dans tous les phénomènes sensoriels, les résultats positifs ont une tout autre valeur que les négatifs : on ne réagit pas à toutes les sensations. Les Insectes sont dépourvus de sac auditif, mais ils peuvent recevoir les impressions sonores par différents poils, surtout par certains poils des antennes comme l'observa jadis Meyer chez les Cousins mâles.

Un terrain de recherches singulièrement nombreuses et fécondes a été ouvert en 1910 et 1911, par T. H. Morgan, au moyen d'un Diptère que l'on peut aisément obtenir en cultures pures, la Mouche du vinaigre et des fruits acides (*Drosophila ampelophila*), dont les yeux sont normalement rouges. Au cours de ses premières cultures, l'auteur trouva[1] un mâle à yeux blancs duquel il obtint, par accouplement avec ses sœurs normales, une nombreuse population d'hybrides dont les yeux paraissaient normaux, et quelques rares exemplaires dont les yeux étaient blancs. Accouplés entre eux, ces hybrides de 1re génération produisaient 129 femelles à yeux rouges, 132 ♂ de même couleur, et, pour les yeux blancs, 88 ♀ avec 86 ♂. Ces nombres sont à très peu près conformes aux règles établies par Mendel; Morgan admet que les ♂ sauvages sont hétérozygotes pour le sexe et la couleur des yeux, les ♀ sauvages homozygotes pour ces deux caractères, et que le 1er mâle à yeux blancs était hétérozygote pour le sexe, avec deux sortes de spermatozoïdes, les uns portant le facteur rouge et blanc, les autres seulement le facteur de teinte blanche. Cette hypothèse rend compte non seulement des produits des deux premières générations, mais d'autres expériences effectuées avec les exemplaires issus de celles-ci. Poursuivant ces cultures, l'auteur a obtenu d'autres mutations non moins curieuses[2] : des exemplaires à ailes tronquées, d'autres encore à ailes courtes, à ailes rudimentaires ou dont la nervure marginale se dilatait en perle, enfin des mouches sans ailes et des mouches mélaniques ; il a pu aussi combiner entre eux les différents caractères, tels que les modifications des ailes et le changement de couleur des yeux, expliquant d'ailleurs ces faits par des hypothèses analogues à celle exposée plus haut. Tel fut le point de départ des nombreuses recherches effectuées par Morgan et par ses meilleurs émules, notamment E. Guyénot[3], sur la Drosophile. « Ces recherches, disent justement Delage et Goldsmith[4], constituent, le mot n'est pas trop fort, un admirable écrin de joyaux scientifiques » ; mais ils ont soumis à une rude épreuve la loi de Mendel, et en fait l'ont conduite à un écueil où elle est venue « sombrer » en dépit de l'ingéniosité dont firent preuve Morgan et son école. Avec Delage et Goldsmith,

1. *Amer. Naturalist*, t. XLV ; 1911.
2. *Verhandl. Ges. Naturforsch. und Arzte*; 1913.
3. *Biol. Bulletin*, t. XXVII; 1914.
4. *Biol. Bulletin*, t. XXVII; 1914.

1. Sex limited inheritance in *Drosophila* (*Science*, juillet 1910).
2. *Science*, New séries, t. XXXIII, nos 848 et 849; 1911.
3. *C. R. Soc. Biol.*, 1913, 1914.
4. Le mendélisme et le mécanisme cytologique de l'hérédité. *Revue scientifique*, 57e année (1919), nos 4 et 5.

il faut observer, en effet, qu'elle n'explique « ni la variation, ni l'évolution phylogénétique... Tous les caractères mendéliens sont des recombinaisons de caractères préexistants », mais comment expliquer, sans le secours des idées lamarckiennes, la naissance et le développement de caractères nouveaux?

II. — Biologie spéciale

§ 1. — Orthoptères

A signaler dans ce groupe la découverte, par F. d'Hérelle [1], d'un Coccobacille employé depuis lors dans la lutte contre les Criquets. L'auteur trouva le parasite dans l'intestin des Criquets (*Schistocerca peregrina*) durant une épizootie qui décimait ces Insectes au Yucatan ; il put l'isoler, le cultiva et le soumit aux expériences. Ce microorganisme est richement cilié et mobile ; inoculé ou ingéré, il tue rapidement les Criquets ; ceux-ci périssent très vite quand ils dévorent le cadavre contaminé de leurs congénères. C'est un parasite spécifique, non pathogène pour la poule, le cobaye et le lapin.

§ 2. — Pseudonévroptères

K. Escherich a consacré une importante étude biologique aux *Termites de Ceylan* [2]. Cet auteur étudie d'abord les espèces champignonnistes (*Termes Redemanni, obscuriceps, ceylonicus*) et, comme le fit Petch en 1903, attribue au genre à chapeau *Volvaria* le champignon qui se développe sur leurs meules. Il signale la cohabitation fréquente, dans une même termitière, de plusieurs espèces, qui d'ailleurs ont soin de séparer leurs galeries et qui se combattent quand elles sont en présence. Des Fourmis sont également très communes dans les termitières, entre autres une espèce larronne, le *Pædalgus Escherichi*, dont les chambres communiquent avec les voies des Termites par d'étroites galeries. Parmi les commensaux, l'auteur cite en particulier un Carabique du genre *Orthogonius*, dont les larves renflées dévorent le couvain et leurs hôtes. Après Bugnion, il consacre une longue étude à une espèce nasicorne, l'*Eutermes monoceros*, et décrit les processions innombrables de cette espèce où la masse des ouvriers est défendue latéralement par des soldats. Il confirme ensuite les vues de Holmgren sur l'exsudation cutanée des reines, sur l'avidité avec laquelle cet exsudat est recueilli par les ouvriers, ce qui explique les soins de ceux-ci pour leur matrone. Il observe justement que le phototropisme négatif des Termites a été bien exagéré, et que beaucoup de ces Insectes, comme les Fourmis, voyagent en plein jour ; enfin il décrit et recommande des appareils et des méthodes qui permettent de déceler la présence des Termites (microphone) ou de détruire ces ravageurs par fumigation (sulfure de carbone) au sein de leur gîte.

Les recherches de E. Bugnion [1] sur les Termites de Ceylan confirment certaines des précédentes et les complètent en divers points. L'une d'elles offre le plus vif intérêt : les jeunes soldats de l'*Eutermes monoceros*, au moment de l'éclosion, présentent déjà la corne frontale caractéristique de leur caste, avec le conduit glandulaire par lequel est rejetée la sécrétion visqueuse défensive de leur glande frontale ; si bien que dans cette espèce, au contraire de ce que l'on observe chez les Abeilles (sauf l'*Apis dorsata*), la caste est déjà différenciée dans l'œuf. M. Bugnion montre également que les Infusoires flagellés du groupe des Trichonymphides, qui pullulent dans l'intestin des Termites, au lieu d'être des parasites, « effectuent une première digestion du bois ingéré par l'insecte ».

H. Jumelle et H. Perrier de la Bâthie [2] étudient avec détails les *meules de champignons* cultivés par une espèce malgache sylvicole, le *Termes Perrieri*. Dans la haute termitière conique établie par cette espèce sont ménagées 15 à 20 chambres qui renferment presque toutes une meule labyrinthiforme où les débris végétaux sont agglutinés par un peu de terre ou de sable. Le mycélium couvre toutes les anfractuosités des meules ; il forme çà et là des pelotes qui servent à porter les filaments conidifères ; suivant leur âge, les divers individus broutent telle ou telle partie de cet appareil. Abandonnées, les meules poussent des stromas au bout desquels se produisent les masses sporifères caractéristiques des Ascomycètes du genre *Xylaria*. Contrairement à Petch et à Escherich, les auteurs considèrent cette forme comme le Champignon cultivé par le Termite, et ils montrent que le *Volvaria* est une espèce libre, sans relation aucune avec la termitière.

Je réserve pour la seconde partie de cette revue, bien qu'il renferme des données biologiques, un joli travail de Jean Feytaud sur le Termite lucifuge (1912).

§ 3. — Hémiptères

Pour ne pas donner trop de longueur à cet article, je renvoie également à la revue d'anatomie l'exposé des travaux relatifs aux Insectes

1. *C. R. Acad. des Sciences*, 1911.
2. Termitenleben auf Ceylon ; 1911.

1. *Bulletin du Muséum*, 1914, n° 4.
2. *Revue gén. de Botanique*, t. XXII ; 1910.

cycliques, et je me contente de citer, dans l'ordre des Hémiptères, les recherches consacrées par A. Neiva[1] au Réduvide piqueur et suceur de sang, le *Triatoma megistus* qui, d'après les expériences effectuées par C. Chagas en 1909, sert de véhicule et de milieu de culture à un redoutable Trypanosome. Ce Réduvide est très répandu au Brésil, où il s'est totalement adapté aux habitations, si bien qu'il abandonne ces dernières pour des locaux voisins quand elles sont évacuées. C'est pendant la nuit, très rarement au jour, qu'il va ponctionner ses victimes ; à la lumière, il reste tapi dans les crevasses des logis où les femelles déposent leurs œufs en petits paquets. Son évolution jusqu'à la forme adulte ne demande pas moins de 260 jours, et la longévité des femelles atteint environ une année. Dépourvues d'ailes ou n'en ayant que des moignons, ses larves et ses nymphes doivent marcher jusqu'au dormeur, tandis que les adultes s'y rendent au vol. La piqûre de l'insecte n'est pas douloureuse sur le moment; elle est infligée à l'Homme et à certains animaux domestiques.

§ 4. — Coléoptères

Dans une intéressante étude consacrée à la morphologie et à la biologie des Staphylinides myrmécophiles appartenant aux genres *Lomechusa* et *Atemeles*, K. H. C. Jordan[2] jette une vive lumière sur l'adaptation et le comportement de ces prédateurs que les Fourmis traitent avec beaucoup d'égards pour en obtenir une sécrétion glandulaire cutanée. Cette sécrétion est produite par des cellules hypodermiques modifiées qui s'ouvrent à la base de poils spéciaux sur des saillies latérales des segments abdominaux antérieurs ; léchée avidement par les Fourmis, elle fait perdre à ces dernières le souci de l'avenir colonial, car les Staphylinides qui les produisent dévorent le couvain de leurs hôtes. Wasmann a comparé cette dégradation à celle que produit chez l'Homme l'abus de l'alcool ou des narcotiques. Mais, contrairement à cet auteur, Jordan ne regarde pas les symphytes comme les produits d'une sélection exercée par les Fourmis sur les habitants de leurs fourmilières. Il a découvert en effet, dans l'abdomen des *Lomechusa*, *Atemeles* et *Dinarda*, une masse de cellules glandulaires canaliculées dont les conduits vecteurs se réunissent et, par le moyen d'un réservoir, déversent leur sécrétion au dehors, sur la face dorsale, entre les 3e et 4e segments abdominaux. Cette sécrétion a une odeur d'acétate d'amyle et exerce sur les Fourmis une action stupéfiante ; l'insecte la fait sourdre sur l'adversaire en recourbant son abdomen vers la tête comme les autres Staphylinides. Etant donné que beaucoup de Staphylinides (tous les Aléochariens) présentent un organe semblable, l'auteur admet, justement ce semble, que « la pénétration des Coléoptères dans les colonies s'effectue sous la protection de la glande défensive » et que « de l'intrus simplement supporté à l'origine dérive, par acquisition des glandes myrmécophiles, l'hôte actuellement choyé » par les Fourmis.

§ 5. — Lépidoptères

A signaler dans ce groupe le volumineux travail où T. D. A. Cockerell a réuni les notes du regretté A. S. Packard[1] sur les Papillons hétérocères du groupe des Saturniens, abstraction faite des Cithéronidés qui parurent du vivant de l'auteur. Cette œuvre posthume est naturellement fort inégale, mais on ne saurait contester la valeur et la richesse des documents qu'elle renferme. Bien que consacrée surtout à la systématique, il convient de la mentionner à cette place, car elle est pleine de faits consacrés à la biologie larvaire de nombreux Saturnides.

A signaler également deux excellentes revues, où H. Zerny[2] met à jour nos connaissances sur le *commensalisme de certains Lépidoptères*. La première a trait à deux sortes de Micros : les *Bradypodicola* qui se tiennent à l'état adulte parmi les poils recouverts d'algues des Mammifères bradypodides ou paresseux, et la petite famille des *Epipyropidæ* dont les chenilles scutiformes se fixent dorsalement sur l'abdomen des Cicadides, Fulgorides et Jassides, la tête tournée vers l'anus de leur hôte, afin sans doute d'en recueillir le miellat excrémentitiel ; en dépit du titre donné par l'auteur à sa revue, il s'agit ici de commensaux, non point de parasites. — La seconde est consacrée aux Lépidoptères, dont les chenilles myrmécophiles sont bien traitées par les Fourmis qui les choyent afin de profiter d'une sécrétion produite par une glande dorsale de l'abdomen. Nombreuses sont les espèces de Lycénides indigènes qui présentent cette adaptation ; l'auteur voit en cela une trophosymbiose, mais les observations de Chapman (1916), singulièrement étendues l'an dernier par Charles Oberthür, prouvent qu'il s'agit au contraire de phénomènes tout à fait semblables à ceux qui se produisent entre les *Atemeles* ou les *Lomechusa* et les Fourmis.

1. *Mém. Inst. Oswaldo Cruz*, vol. II, 1911.
2. *Zeit. wiss. Zool.*, t. CVII ; 1913.

1. *Mem. nat. Acad. Washington*, vol. XII ; 1914.
2. *Verhandl. zool. bot. Ges. Wien*, t. LX ; 1910.

§ 6. — Diptères

Les Diptères sont très étudiés actuellement, et non sans cause, car si quelques-uns ont un rôle bienfaisant (prédateurs, Tachinaires), la plupart comptent parmi les Insectes les plus dangereux.

Parmi ces derniers, on range à bon droit la Mouche commune (*Musca domestica*), qui véhicule de diverses manières les germes de nombreuses maladies; C. Gordon-Hewitt a supérieurement étudié la structure, le développement et la biologie de cette espèce dans un volume[1] dont j'ai fait ici même une analyse suffisante; dans cet ouvrage, l'auteur passe également en revue les autres espèces qui fréquentent les habitations.

Non moins important est le magnifique travail consacré par E. Roubaud à l'étude de Mouches qui produisent des *myiases chez l'homme et les animaux*, dans l'Afrique tropicale[2] : aux *Auchmeromyia* dont les larves sucent le sang de l'homme, aux *Chœromyia* qui s'attaquent de même à certains Mammifères à peau nue, au *Cordylobia anthropophaga* qui produit à l'état de larve (*ver de Cayor*) des tumeurs furonculeuses sur l'homme et les animaux domestiques, aux Œstrides cuticoles, cavicoles et gastricoles des Mammifères africains. Pour montrer la finesse et la portée des observations expérimentales dont est rempli ce travail, il suffira de mettre en évidence celles relatives aux larves d'*A. luteola* : ces larves se tiennent dans le sol même des cases où elles trouvent leur température optimum, qui oscille entre 25° et 30°; à jeun, leur thermotropisme est positif, ce qui les conduit aux dormeurs dont la température est de 37°, mais une fois repues, leur thermotropisme devient négatif, ce qui les ramène à l'intérieur du sol. Ainsi se produit leur périodicité nycthémérale; cette périodicité est d'ailleurs *acquise* au cours du développement larvaire, car elle ne se manifeste pas encore chez les jeunes, et on peut la rendre inverse ou tout autre en offrant à ces derniers leur alimentation sanguine, à des heures déterminées, dans des conditions de température convenable. C'est la clef même du mécanisme de l'acquisition des rythmes.

Dans deux notes intéressantes, le même auteur a étudié les variations biologiques subies par la Mouche du bétail (*Musca corvina*[3]) et par la Mouche charbonneuse (*Stomoxys calcitrans*[4]) sous l'influence du climat africain. Par les observations de Portchinsky, on savait que la première est constamment ovipare sur le territoire russe, sauf dans le Sud et pendant les chaleurs où elle donne par viviparité une grosse larve qui effectue presque tout son développement dans l'utérus maternel. D'après Roubaud, cette espèce est toujours vivipare dans l'Afrique tropicale, où elle donne tous les 4 jours une larve au 1er stade; on doit la considérer comme une race géographique adaptée à de hautes températures; ses larves prospèrent surtout au voisinage de 40° et sa stérilité devient complète quand elle provient de pupes soumises à 22 ou 23°. — Les variations du *Stomoxys calcitrans* sont d'une autre nature; durant la saison humide, cette mouche cosmopolite pond ses œufs, comme chez nous, au voisinage des écuries, dans les fumiers et les excréments frais des chevaux. Mais en saison sèche, dans les régions où les influences désertiques se font sentir, elle émigre et dépose ses œufs au bord immédiat du Niger, dans le sable constamment humide, où, de coprophages qu'elles sont normalement, ses larves deviennent strictement polyphages. Les Stomoxes nigériens forment une race géographique où disparaissent, d'ailleurs, à peu près complètement, les taches caractéristiques de l'espèce.

Dans une communication préliminaire, J. Surcouf[1] explique le mécanisme par lequel le *ver macaque* (larve du *Dermatobia cyaniventris*) est communiqué à l'Homme et aux Mammifères où il provoque des tumeurs. Les œufs de cette mouche américaine sont pondus sur les feuilles où, par leur substance cémentaire, ils se collent en masse aux Moustiques en repos. Ils éclosent sur cet hôte qui sert uniquement à les véhiculer, et leur larve, une fois éclose, reste dans le chorion de l'œuf, saillante par sa région postérieure où des crochets la maintiennent en place. Cette larve reste ainsi jusqu'au moment où le Moustique va ponctionner sa victime; alors elle abandonne sa loge ovulaire et s'enfonce dans la peau du patient pour produire sur celui-ci la tumeur où elle s'abrite.

A signaler également, dans l'ordre qui nous occupe, deux notes de C. P. Alexander[2] sur la biologie des moucherons efflanqués de la famille des Tipules.

§ 7. — Hyménoptères

1° *Solitaires.* — Durant la période qui nous occupe, Charles Ferton[3] a publié les 6e, 7e et 8e sé-

1. The House-fly; 1914.
2. Les producteurs de myiases et agents similaires chez l'homme et les animaux; 1914.
3. et 4. *C. R. Acad. des Sciences*, t. CLII; 1911.

1. *C. R. Acad. des Sciences*, t. CLVI; 1913.
2. *Journ. ent. Zool.*, Claremont, t. VI; 1914.
3. *Ann. Soc. ent. de France*, t. LXXIX, 1910; t. LXXX, 1911; t. LXXXIII, 1914.

ries de ses *Notes détachées sur l'instinct des Hyménoptères mellifères et ravisseurs*. Il est difficile de choisir dans cette riche moisson de faits très habilement observés par un biologiste des plus sagaces. Il convient de citer pourtant des observations très curieuses sur l'adaptation des Pompilides aux Araignées que ces prédateurs chassent et paralysent pour leur progéniture, sur les différences que présentent dans la forme et le comportement de leurs larves diverses espèces de Chrysides, sur le parasitisme de la Mutille argentée dans les nidifications des Mellifères solitaires du genre Osmie, enfin et surtout la découverte d'habitudes très primitives chez les prédateurs paralyseurs appartenant aux genres *Bembex* et *Stizus*. Les premiers sont des chasseurs de Diptères qui approvisionnent leur cellule au jour le jour avec des proies tuées ou paralysées, et qui déposent leur œuf sur la première victime, fixé par le pôle anal. Ces faits étaient connus, mais Ferton a montré que le *Bembex mediterraneus* colle directement son œuf sur le sol, et attend l'éclosion de sa larve pour apporter la première mouche, en quoi il ressemble à une espèce sud-américaine encore plus primitive, le *Monedula punctata*, qui, d'ailleurs, d'après Hudson, fournit à sa larve des Insectes tués de divers ordres. Un chasseur de Cicadelles, le *Stizus tridens*, présente des habitudes semblables, mais se rapproche encore davantage de la Monédule ponctuée en ce sens que son œuf est simplement couché sur le sol de la cellule, au lieu d'être dressé verticalement et soutenu par de petites pierres, comme celui du Bembex méditerranéen. Un autre chasseur de Cicadelles, le *Stizus errans*, emploie exactement la méthode propre à ce dernier, mais n'attend pas l'éclosion de sa larve pour apporter la première victime ; c'est un passage aux Sphégiens plus évolués qui commencent ou achèvent leur approvisionnement avant de pondre.

Dans ses *Notes biologiques recueillies à la Réunion*, Edmond Bordage[1] rapporte de curieuses expériences et des observations faites sur divers Sphégides très répandus dans l'île. Les plus importantes sont relatives à un chasseur d'araignées, le *Pison argentatum*, dont le nid se compose de 12 à 15 cellules ovoïdes en mortier, établies sans ordre côte à côte et recouvertes toutes ensemble d'un enduit de même nature qui les décèle. Par des procédés fort ingénieux, l'auteur put forcer l'insecte à mener de front la construction et l'approvisionnement de deux cellules, à construire dans des tubes ce qui l'obligeait à disposer ses cellules à la suite en série linéaire, bien plus, non seulement à pondre dans une cellule incomplètement approvisionnée, mais à violer, pour faire sa ponte, les cellules déjà closes de ses congénères ou même celles des Pélopées qui ont une structure et des provisions identiques. Il a réussi les mêmes expériences de pontes anormales avec un autre chasseur d'Araignées, le *Trypoxylon scutifrons*, qui toujours établit ses cellules en série linéaire. Ces actes de « banditisme » sont le résultat d'un pressant besoin de pondre ; l'auteur les invoque pour expliquer à sa manière le cleptoparasitisme dont il sera question plus loin et que l'on attribue d'ordinaire, justement ce me semble, à une tendance au larcin, tendance qui s'exagère peu à peu et devient héréditaire et conduit à la disparition des organes de travail. Je renvoie au mémoire de l'auteur pour le mécanisme qu'il propose à la place de cette conception. J'ajoute que le travail de Bordage renferme des observations intéressantes sur divers autres Sphégiens, notamment sur le splendide *Chlorion compressum*, qui chasse l'énorme cancrelat (*Periplaneta americana*) et l'ampute, comme l'avait déjà noté Réaumur, pour le faire entrer plus aisément dans les crevasses qui lui servent de nid.

Plus curieuses encore, mais bien difficilement explicables dans l'état actuel de nos connaissances, sont les habitudes étonnantes observées par W. M. Wheeler[1] chez un Sphégide américain, l'*Aphilanthops frigidus*, qui forme des bourgades populeuses dans certains endroits sablonneux des Etats-Unis. Cette espèce capture des femelles de *Formica* qu'elle paralyse et prive de leurs ailes avant de les mettre en magasin dans certaines des multiples cellules de son terrier. Un œuf est ensuite pondu dans une cellule vide et, après éclosion, la jeune larve reçoit au jour le jour sa provende qui se compose des Fourmis en magasin, et coupées alors en deux morceaux. La cellule est close quand l'élevage a pris fin, puis une autre cellule vide est occupée. Quel singulier mélange d'habitudes primitives (ponte sur le sol, éducation au jour le jour) et de tendances vers les Guêpes sociales (proie coupée en morceaux), avec une pratique absolument inconnue jusqu'alors dans le groupe, la mise en magasin des Fourmis préalablement capturées ! Voilà un champ ouvert au philosophe biologiste.

Avec une Guêpe solitaire africaine de la famille des Euménides, le *Synagris cornuta*, E. Roubaud[2] nous conduit plus loin, et au point même où s'effectue le passage aux Guêpes sociales. Tandis que les autres Euménides africains paralysent

1. *Bullet. scientif. de la France et de la Belgique*, t. XLVI; 1912.

1. *Journ. animal Behavior*, t. III ; 1913.
2. *Ann. Soc. entomol. de France*, t. LXXIX ; 1910.

leurs victimes et les servent intactes à leur progéniture, le *Synagris cornuta* les tue et les dépèce, puis les sert au jour le jour à sa progéniture. C'est la méthode même des Guêpes sociales qui nourrissent leurs larves à la becquée, avec leurs victimes transformées en boulettes de chair fraîche.

Ce champ des Hyménoptères paralyseurs, ouvert à l'exploration par l'illustre Fabre, est vraiment inépuisable. Dans une intéressante étude consacrée aux Sphégiens, Euménides, Polistes et Mellifères solitaires des Etats-Unis, H. B. Hungerford et F. X. Williams [1] relèvent un détail de mœurs qui compte parmi les plus rares et les plus suggestifs de la Biologie animale : l'emploi d'un outil naturel pour parfaire la besogne commencée. Il s'agit d'une Ammophile d'espèce indéterminée, qui, pour rendre plus consistante la clôture terreuse de sa galerie, emploie un fétu ou une patte de Criquet en guise de dame. Les Peckham nous avaient appris que l'*Ammophila urnaria* utilise parfois une pierre pour cet usage, mais on ne connaissait pas jusqu'ici d'autre exemple de cette méthode remarquablement intelligente.

L'intelligence des Hyménoptères se manifeste sous une autre forme, moins morale à notre point de vue, la tendance au larcin, qui conduit certains de ces Insectes au *cleptoparasitisme*, c'est-à-dire à confier leur ponte au nid de leurs congénères et, par là même, à ne plus nidifier, suivant ainsi l'exemple du Coucou. Les mœurs de ces larrons sont un peu mystérieuses et ce n'est pas sans beaucoup de perspicacité qu'on arrive à les suivre. Aussi faut-il être reconnaissant à L. Semichon [2] de nous avoir fait connaître celles du *Melecta armata*, qui est une Abeille cleptoparasite dérivée des Mégachiles nidifiantes. Cette espèce dépose sa ponte dans le terrier horizontal que l'*Anthophora personata* établit dans les murs en pisé ou les talus verticaux ; elle attend la clôture de l'ouvrage et creuse dans la terre avoisinante une galerie dont le fond débouche dans la cellule convoitée. Une fois la perforation achevée, l'insecte y introduit son abdomen et accole un œuf ou plusieurs aux parois de la cellule, en avant du gâteau larvaire ; puis il bouche grossièrement le trou. Les larves issues de cette ponte consomment le gâteau après avoir vidé l'œuf de l'Anthophore ; il n'en reste jamais qu'une, de sorte qu'elles doivent s'entredévorer quand le parasite a déposé plusieurs œufs.

Les Abeilles cleptoparasites sont nombreuses et ressemblent beaucoup, tout à fait parfois, à certains genres dont elles dérivent. Ferton a découvert [1] le premier cleptoparasite issu du genre Osmie et lui a donné le nom de *Perezia;* son *Perezia maura* se développe dans les cellules des Osmies, et, abstraction faite des brosses polliniques absentes, ressemble absolument à ses hôtes.

2° *Sociaux.* — Relativement aux Abeilles sociales, je signalerai un mémoire où H. Friese et F. W. Vagner [2] étudient les Bourdons des régions arctiques, des steppes et des hautes montagnes. Ce travail est surtout faunistique, mais il renferme quelques détails sur la biologie des espèces, entre autres ceux que publia Sparre Schneider, en 1909, dans un périodique très peu répandu, sur les *Bombus Kirbyellus* et *hyperboreus*. Les ouvrières de ces deux espèces arctiques sont d'une rareté extrême et certaines années manquent complètement, encore qu'on ait trouvé au Groënland et en Nouvelle-Zemble des nids où elles étaient assez nombreuses ; il semble que ces espèces, suivant les circonstances, forment des sociétés comme les Bourdons normaux ou nidifient solitaires comme leurs ancêtres.

A signaler également une étude très minutieuse, très précise et bien illustrée où D. B. Casteel [3] relate ses observations sur la manière dont l'*Abeille mellifique* récolte le pollen et en fait des pelotes avec du miel, sans doute aussi avec de la salive et du nectar.

Tous ceux qu'intéresse l'histoire des *Fourmis* devront lire le magnifique ouvrage *Ants*, que l'infatigable biologiste W. M. Wheeler (1910) a consacré aux Hyménoptères sociaux de cette riche famille. Cet ouvrage est un véritable monument où le distingué myrmécologiste a réuni et commenté toutes les observations et toutes les hypothèses relatives aux Fourmis. On ne saurait analyser en quelques lignes un travail de cette envergure ; au sujet de la différenciation des castes, qui est la base des sociétés communistes, je me bornerai à en dire ce que j'écrivais il y a deux ans dans *La Vie psychique des Insectes* : « Wheeler attribue cette différenciation à un instinct philoprogéniteur qui porte les sociétaires à se priver pour leurs jeunes et qui se manifeste déjà chez les ancêtres solitaires des Insectes sociaux. On ne saurait nier que cet instinct soit nécessaire, au même titre qu'une certaine sociabilité, à l'instauration de la vie communiste ; mais comment a-t-il pu se développer au point de produire des castes et de réagir sur la constitution des œufs ? c'est là que gît le problème. »

1. *Ent. News*, t. XXIII ; 1912.
2. *Bull. Soc. entomol. de France*, 1911.

1. *Ann. Entomol. de France*, t. LXXXIII ; 1914.
2. *Zool. Jahrb., Suppl.*, 15, t. I ; 1912.
3. *U. S. Dep. Agric., Entomology, Bull.* 121 ; 1912.

A lire également l'intéressante étude rétrospective qu'un autre myrmécologue non moins habile, P. E. Wasmann, a consacrée aux *Fourmis* et à *leurs commensaux*[1]. En 1896, au Congrès zoologique de Leyde, l'auteur avait établi une classification de ces commensaux, aujourd'hui universellement admise; dans la présente étude, il s'attache surtout aux commensaux du groupe des Symphyles (*Lomechusa*, *Claviger*, etc.), mais il passe également en revue l'organisation et la structure des fourmilières, l'esclavagisme, et les hôtes nombreux qui accompagnent les Dorylines ou Fourmis chasseresses. Le travail est accompagné de magnifiques photos, pour la plupart inédites à ma connaissance; l'une d'elles représente un dôme de *Formica rufa* ayant 17 mètres de pourtour.

Au Congrès où fut donnée cette étude, j'ai exposé mes observations propres, faites au voisinage de Royan, sur les *Fourmis moissonneuses* (*Messor barbarus*). Le phénomène le plus nouveau qu'elles mettent en évidence est relatif à la manière dont ces fourmis déménagent en un lieu plus sûr dépendant de leur domaine, lorsqu'elles se trouvent en péril dans le gîte qu'elles avaient choisi. Avant de se livrer à cette longue besogne, les ouvrières vont en procession, aller et retour, du gîte ancien au gîte nouveau, sans doute pour prendre connaissance des aîtres de celui-ci. Cela dure plusieurs jours, après quoi tout est déménagé, graines et couvains, en suivant la même piste. Simultanément déménagent et se rendent au gîte nouveau les nombreux Cloportes blancs de la fourmilière; et, comme ils sont aveugles, ils suivent exactement la piste des Fourmis, guidés sans doute par leur sens antennaire olfactif.

Dans un petit volume du plus vif intérêt, V. Cornetz expose et condense le résultat de ses longues et patientes recherches sur « *les voyages et les explorations des fourmis* » (1914). D'après lui, pour revenir à leur gîte, les ouvrières exploratrices, celles qui voyagent isolément à la recherche d'une provende, ne s'orientent point par les sens, tout au moins par ceux qui nous sont connus; elles peuvent bien, comme l'a montré Piéron, estimer approximativement la distance parcourue dans le voyage d'aller; elles ont aussi le souvenir des angles et des points de repère situés aux environs du nid; mais, pour aller ou revenir dans le sens voulu, elles posséderaient la faculté « de conserver une direction de l'espace comme document purement interne et indépendamment du milieu extérieur ».

Ce n'est point la manière de voir de Santschi[1], qui, par des expériences topiques, a montré que les exploratrices prennent leur repérage sur le soleil et, à défaut de celui-ci, sur diverses zones plus ou moins éclairées. Si l'une de ces zones disparaît brusquement du champ visuel (comme dans le passage du soleil à l'ombre), l'insecte continue à se repérer sur les « zones restantes », et s'il y a transposition brusque de ces zones (transposition que l'auteur produit par la réflexion d'un miroir), l'insecte s'oriente suivant une direction nouvelle qui correspond à ce changement.

Pour combattre cette opinion, Cornetz[2] a réalisé de nouvelles expériences, dans *l'obscurité complète*, avec une petite Fourmi très peu clairvoyante, le *Tapinoma erraticum*; et il a observé que dans ces conditions, absolument impropres au repérage lumineux, les ouvrières prennent au retour la direction de l'aller, même quand on les transporte avec leur provende loin du lieu où elles avaient trouvé celle-ci. Il conclut de là que, pour cette espèce tout au moins, le repérage visuel n'est pas nécessaire. Mais il pense avoir éliminé en même temps les repérages tactile et olfactif, en quoi, ce me semble, il outrepasse les conditions de l'expérience. Wasmann et Forel n'ont-ils pas longuement insisté sur le sens topochimique dont le siège est dans les antennes des Fourmis? et ce sens ne serait-il pas le guide inconnu supposé par Cornetz? En tout cas, il faut être reconnaissant à cet auteur des incroyables efforts qu'il a faits pour dégager du mystère ces intéressants phénomènes.

E.-L. Bouvier,
Membre de l'Institut, Professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

1. Die Ameisen und ihre Gäste (Congrès entom. de Bruxelles; 1911).

1. *Revue suisse de Zool.*, t. XIX; 1911.
2. *Arch. de Psychologie*, t. XIV; 1914.

BIBLIOGRAPHIE
ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

De la Vallée Poussin (C.), *Professeur à l'Université de Louvain, membre Correspondant de l'Institut de France.* — **Leçons sur l'approximation des fonctions d'une variable réelle,** *professées à la Sorbonne.* — 1 *vol. in-8° de* VIII-150 *pages* (*Prix* : 12 *fr.*). *Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, Paris,* 1919.

On pourrait dire que le mathématicien ne fait que des approximations, mais il veut connaître exactement l'approximation obtenue et il recherche, avant tout, les méthodes permettant d'améliorer indéfiniment l'approximation — tandis que le praticien ne recherche, naturellement, que l'approximation réalisable, vérifiable, utile.

Parmi les approximations du mathématicien, on pourrait aussi distinguer l'approximation numérique de x qui est fourni par une formule et, d'autre part, l'approximation formelle de $f(x)$, la représentation approchée de $f(x)$ par un polynôme ou un polynôme trigonométrique

$$a_0 + a_1 \cos x + \ldots\ldots + a_n \cos nx$$
$$b_0 + b_1 \sin x + \ldots\ldots + b_n \sin nx.$$

Ce sont ces types d'approximation qu'étudie M. de la Vallée Poussin. Je crois bien que Weierstrass et Tchebycheff sont les initiateurs; ils ont été suivis par MM. Bernstein, Jackson, Fejér, Lebesgue, Borel, Montel, La Vallée Poussin, etc., et l'éminent savant de Louvain met la théorie au point, en un livre didactique, qui n'est pas facile à lire parce que la matière s'y oppose, mais qui est aussi clair que possible.

Un grand nombre de résultats, ou bien sont dus à l'auteur, entièrement, ou bien sont un perfectionnement notable apporté par l'auteur, par exemple les n°s 18, 19, 20, 21, 26 à 30, 43 et 44, 49 à 52, 61 à 66, 71 à 76..... Les chapitres III, VIII, X sont des travaux personnels de l'auteur. Notons, page 29, le théorème sur la série de Fourier, et, page 37, sur la somme de Fejér.

Dans les 3 premiers chapitres, on part des propriétés différentielles de $f(x)$. Dans le chapitre IV, on prend la question à rebours, en partant de l'approximation donnée. Dans le chapitre VI est établie l'existence du polynôme qui donne la meilleure approximation : M. Borel avait dû préciser les idées de Tchebycheff sur ce point.

Nous retrouvons (page 108) la fameuse fonction sans dérivée de Weierstrass. Plus loin, on voit la liaison entre les singularités d'une fonction et son polynôme d'approximation ; enfin l'approximation des fonctions entières sur l'axe réel.

Ce livre étudie, avec profondeur, des questions primordiales.

R. D'ADHÉMAR,
Professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille.

Razous (Paul), *Professeur à l'Ecole spéciale des Travaux publics.* — **Construction et installations modernes des Ateliers et Usines.** 5e *édition, revue et mise à jour.* — 1 *vol. in-8° de* 546 *p. avec* 303 *fig.* (*Prix* : 33 *fr.*). *Dunod, éditeur, Paris,* 1920.

Un grand nombre d'établissements industriels ne répondent plus, tant au point de vue de la construction que de l'aménagement, aux progrès de la technique moderne; aussi sont-ils les uns après les autres transformés ou remplacés par des installations plus en rapport avec les données actuelles de la science. Aux chefs d'industrie préoccupés de moderniser leurs ateliers ou usines, à tous ceux qui créent des installations nouvelles, l'ouvrage de M. Razous, dont cinq éditions successives ont consacré la valeur, apportera tous les renseignements nécessaires.

Dans une première partie, l'auteur donne les principes généraux de la construction des usines. Les questions primordiales à envisager sont : la forme, l'aménagement, la force motrice à employer (hydraulique, pneumatique ou thermique), le transport de cette force et la transmission du mouvement, le transport et la manutention des matières premières, des produits intermédiaires et des objets fabriqués, le chauffage et l'éclairage. Sur tous ces points, l'auteur indique les meilleures solutions qui ont été consacrées par la pratique.

Puis, dans une seconde partie, il précise les principes et les données qui doivent être appliqués à la construction d'usines destinées à une fabrication déterminée. Parmi celles-ci, il étudie successivement : les hauts fourneaux, aciéries et forges, les usines métallurgiques des métaux autres que le fer, les fonderies et ateliers de construction mécanique, les usines centrales de distribution d'électricité, les scieries et ateliers de travail du bois, les industries des matériaux de construction et les usines de céramique, les usines de l'industrie textile, les installations des industries agricoles. Ce qu'on peut reprocher à cette seconde partie, c'est de ne donner souvent que des indications fort sommaires. L'auteur ne pouvait évidemment entrer dans de grands détails sans augmenter considérablement l'étendue de son ouvrage; mais il a eu soin, à la fin de la plupart des chapitres, de donner une liste des ouvrages ou articles de revues techniques où l'on trouvera des renseignements beaucoup plus complets sur chaque catégorie d'usines spéciales.

C. MAILLARD.

Berger (L.), *Ingénieur civil, inspecteur des appareils à vapeur.* — **Le gaspillage des combustibles dans leurs usages industriels et domestiques.** 2e *édition, revue et corrigée.* — 1 *vol. in-8° de* 162 *pages, avec* 11 *tableaux en annexe* (*Prix* : 9 *fr.* 75). *Dunod et Pinat, éditeurs, Paris,* 1919.

Les mille exemplaires de ce petit livre, paru en octobre 1918, étaient épuisés en février 1919, l'auteur nous l'apprend avec une légitime fierté dans l'avant-propos de la seconde édition qu'il nous en donne : l'exergue placé en première page (notre belle France doit-elle disparaître, victime de l'égoïsme des uns et de l'inconscience des autres?) et la double introduction, portant les dates de 1918 et de 1919, toute frémissante des patriotiques émotions de la guerre et de la victoire, nous font prévoir que l'auteur traitera la question du gaspillage des combustibles en économiste non moins qu'en technicien. Nous nous bornerons à suivre l'auteur sur ce terrain, où il fait preuve de la compétence avertie que lui donnent sa qualité d'inspecteur des appareils à vapeur, et la grande expérience qu'il a acquise dans cette profession.

Une première partie de l'ouvrage, en 6 chapitres, est consacrée à l'étude des combustibles et des principes de la combustion; la seconde partie, beaucoup plus développée, puisqu'elle compte 14 chapitres, entre dans les détails spécialisés de la meilleure utilisation du charbon, de la forme la plus satisfaisante des appareils, de la conduite la plus rationnelle des feux. L'auteur y présente de nombreuses considérations, qui gagneraient à être mieux coordonnées, mais dont il faut louer la perspicacité et l'esprit pratique : on y trouve pêle-mêle des renseignements intéressants, des idées ingénieuses, des conseils utiles, des suggestions pleines d'à-propos, dont les ingénieurs tireront profit autant que les ouvriers qui manient la pelle et le ringard. Au milieu d'affirmations quelquefois contestables se trouvent des indications empruntées aux plus sûres traditions des salles de chauffe, qui rendent la lecture de ce livre très instructive, et souvent attrayante, par l'originalité des vues qui

y sont exposées et défendues avec une ardeur entraînante et communicative, que l'on rencontre rarement dans des ouvrages de ce genre.

Aimé Witz,
Correspondant de l'Institut.

2° Sciences physiques

Deprez (Marcel), *Membre de l'Institut, Professeur d'Electricité industrielle au Conservatoire national des Arts et Métiers*, et **Soubrier** (M.), *ancien élève de l'Ecole Polytechnique, Professeur adjoint d'Electricité industrielle au Conservatoire national des Arts et Métiers.* — **Les lois fondamentales de l'Electrotechnique.** — *1 vol. in-8° de 785 pages avec 294 figures (Prix : 30 fr.). Dunod, éditeur, Paris*, 1919.

Il existait déjà de nombreux ouvrages d'électricité industrielle, depuis les cours professés dans les écoles pratiques d'industrie jusqu'aux traités de nos instituts électrotechniques ou établissements d'enseignement supérieur; mais la lecture des premiers prépare mal à l'étude des seconds. Le praticien intelligent qui désire se perfectionner, l'ingénieur qui veut approfondir les problèmes posés expérimentalement cherchent en vain un ouvrage facile à lire, mais assez complet pour permettre ensuite la compréhension des traités classiques.

MM. Marcel Deprez et Soubrier se sont proposé de combler cette lacune de notre littérature scientifique, en publiant les cours et conférences qu'ils ont professés au Conservatoire national des Arts et Métiers. En raison même de l'auditoire auquel s'adressait leur enseignement, il convenait de faire le plus large usage des démonstrations élémentaires et d'illustrer les exposés théoriques de nombreuses applications pratiques et de quelques aperçus scientifiques.

Ce volume, le premier de la collection, comprend l'étude des lois fondamentales de l'Electrotechnique : leur connaissance est indispensable à tout électricien, elles constituent la base logique des études électrotechniques; si elles sont souvent mal connues, c'est sans doute parce qu'elles sont exposées soit *ex cathedra* dans nos universités, soit d'une façon élémentaire dans des ouvrages de vulgarisation : suivant le cas, elles se transforment en une théorie mathématique, généralement élégante, mais dont la signification physique est difficile à dégager, ou en une succession, sans liens apparents, de phénomènes expérimentaux.

Les auteurs ont su rendre leur ouvrage intéressant, grâce au développement donné aux applications pratiques et aux problèmes concrets; le cas échéant, ils ont indiqué les analogies existant entre phénomènes électriques et mécaniques. Tout au plus pourrait-on regretter qu'ils n'aient pas cru devoir signaler les conceptions modernes de l'électricité, théories suffisamment classiques pour trouver place dans un ouvrage, qui, par la notoriété d'un de ses auteurs, semblerait destiné à faire date.

Malheureusement le décès de Marcel Deprez paraît avoir laissé ce volume inachevé. C'est la seule excuse que l'on puisse trouver à des obscurités inévitables dans une première rédaction et à des erreurs de plume regrettables; cependant, de nombreuses coquilles auraient dû disparaître lors de la correction des épreuves.

Sous sa forme actuelle, cet ouvrage présente un intérêt réel, mais il devrait être sérieusement revu, pour que sa lecture soit profitable au public auquel il est destiné.

A. Lange,
Chef de Travaux à l'Ecole supérieure d'Electricité.

Gibbs (W.). — **L'équilibre des substances hétérogènes.** Exposé abrégé, *traduit et complété de notes explicatives par* M. C. Matisse. — *1 vol. in-16, de* VIII-102 *pages avec 11 fig. (Prix : 5 fr. 25). Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, Paris*, 1919.

Gibbs avait écrit lui-même un abrégé de son ouvrage « L'équilibre des substances hétérogènes » sous forme d'un article dans l'*American Journal of Science*. C'est cet abrégé qui a été traduit par M. Matisse et complété de nombreuses notes explicatives.

Ce livre permettra à ceux qui ne disposeront pas du temps ou des connaissances techniques nécessaires pour la lecture du grand mémoire de Gibbs, traduit par M. Le Chatelier, il y a déjà plusieurs années, de prendre connaissance de ces idées fondamentales.

J. L.

Aluminium and its light alloys. (*Circular of the Bureau of Standards, Department of Commerce.*) — *1 vol. in-8° de 120 p. avec 27 fig. (Prix : 20 cents). Government printing Office, Washington*, 1919.

Cette publication, parue le 21 avril 1919, est relative à l'aluminium et à ses alliages légers. Les sept premiers chapitres sont consacrés à l'aluminium et les six derniers à ses alliages légers. Un apppendice renfermant les définitions de termes physiques, les conditions imposées dans un certain nombre de cahiers des charges à l'aluminium et à ses alliages, et une bibliographie très complète, termine cette brochure, qui ne dépare point celles publiées par le Ministère du Commerce des Etats-Unis.

Dans le premier chapitre se trouvent les renseignements statistiques, relatifs aux minerais d'aluminium, aux formes commerciales sous lesquelles le métal est livré par les usines productrices, sur les quantités produites et sur les cours. Après l'étude métallographique de ce métal, ses propriétés chimiques (résistance à l'attaque des divers agents, aluminothermie) et ses propriétés physiques (électriques, magnétiques, thermiques, mécaniques) sont décrites dans les chapitres suivants. Il convient de citer particulièrement le cinquième chapitre renfermant les propriétés de l'aluminium aux hautes et basses températures. Le sixième chapitre est consacré au traitement et à l'emploi industriels de ce métal (pression, soudure, dépôt, pulvérisation). L'action des efforts mécaniques et de la chaleur est décrite dans le septième chapitre.

Les propriétés des alliages légers de cuivre, de fer, de magnésium, de manganèse, de nickel, de silicium et de zinc sont résumées dans les chapitres suivants.

En résumé, cette brochure est une excellente mise au point des travaux les plus importants sur l'aluminium et ses alliages légers les plus employés, publiés jusqu'au commencement de l'année 1919.

Paul Nicolardot,
Docteur ès sciences, Professeur à l'Ecole supérieure d'Aéronautique.

Lambling (Emile), *Professeur à l'Université de Lille.* — **Précis de Biochimie.** *2e édition. — 1 vol. in-8° de 708 p. (Prix : 15 fr.). Masson et Cie, éditeurs, Paris*, 1919.

En 1918, un des représentants anglais de la Commission scientifique interalliée de Ravitaillement, désirant avoir sous la main, au cours des délibérations de la Commission, le *Précis de Biochimie* de Lambling, ne put acquérir cet ouvrage totalement épuisé qu'au prix de 40 francs; en octobre 1919 un des rares exemplaires trouvait acquéreur à 65 francs. Comme il est difficile de supposer que des lecteurs d'un Traité de Biochimie soient atteints du snobisme qui pousse certains acheteurs aux folles surenchères, on peut déduire de ce fait la place exceptionnelle que l'ouvrage de Lambling avait acquise dans les bibliothèques de biologistes.

L'auteur venait de terminer la deuxième édition quand il fut immobilisé à Lille pendant toute la durée de la guerre. Ce retard de cinq années a permis cependant de remanier encore les dernières épreuves et de donner un ouvrage où sont exposées les dernières acquisitions en Chimie biologique.

A côté de l'Anatomie comparée, se crée actuellement une nouvelle science, la Biochimie comparée, dont l'importance dépassera sans doute celle de la première.

Lambling, dans une série de chapitres, nous permet de comprendre l'intérêt de cette étude, encore si linéamentaire.

La spécificité chimique des organismes a surtout été mise en évidence par les travaux de A. Gautier sur les variations de *Vitis vitifera*; poussant plus loin encore cette notion, les travaux de Ch. Richet sur l'idiosyncrasie tendent à établir une spécificité chimique individuelle.

La spécificité de l'organisme entraîne l'existence de la spécificité des tissus, et Lambling montre que toute la chimiothérapie moderne, l'action de l'iode, des anesthésiques, des médicaments spécifiques, si obscure jusqu'ici, trouve une base scientifique dans ces conceptions nouvelles.

Les transformations et la dégradation des matières protéiques dans l'organisme, sous l'influence des ferments digestifs, ont précisément pour objet de permettre la reconstruction de protéides propres à l'espèce alimentée; mais où et comment se fait cette reconstruction, en quel endroit les acides aminés résultant de la désintégration des protéiques étrangers (allogènes) vont-ils se regrouper pour former les nouvelles protéides (idiogènes)? Le problème reste encore sans réponse. Dans quelques pages, d'une précision remarquable, Lambling montre que rien n'établit encore, d'une façon définitive, le rôle attribué à la muqueuse intestinale comme agent de synthèse; et il conclut prudemment que l'hypothèse d'une reconstruction des protéiques au niveau des tissus n'est pas sans vraisemblance.

La Biologie subit, comme toutes les sciences, une évolution rapide, et rien n'est plus intéressant à cet égard que de comparer les mêmes chapitres des deux éditions successives du *Précis de Biochimie* écrits à 10 ans de distance. Certes, à cette date de 1910, le rôle des acides aminés était entrevu, mais le rôle si particulier joué par le tryptophane, la tyrosine et la lysine dans l'entretien et dans la croissance n'avait pas encore été mis en lumière par les travaux de Wilcock et d'Hopkins et surtout par ceux d'Osborne et de Lafayette Mendel.

Plus mystérieuse encore reste l'action des vitamines de Funk, vitamines de croissance, vitamines curatives, dont la composition, la nature même restent encore inconnues; comme l'écrit Lambling, toutes ces questions sont à peine amorcées et cependant on a pu déjà entrevoir l'importance pratique de ces connaissances nouvelles dans l'établissement scientifique des rations alimentaires.

Il y a quelques années encore, le métabolisme des hydrates de carbone paraissait assez simple par opposition à celui des protéiques. En lisant le chapitre consacré à la dégradation des hydrates de carbone, on voit combien cette destruction reste complexe et vient se compliquer de ces pénétrations réciproques que l'on a découvertes récemment entre les échanges nutritifs intermédiaires des trois groupes d'aliments. A cette question du métabolisme des sucres, se rattache étroitement le problème de la glycosurie diabétique.

Les quelques pages consacrées à ce problème pathogénique sont parmi les meilleures de ce livre. Rien n'est plus passionnant que de suivre, dans cet exposé si précis, si méthodique, les théories émises pour expliquer le diabète soit par une surproduction du sucre, soit par une diminution de l'action glycolytique. La nécessité d'expliquer en même temps l'azoamylie, cette impossibilité de fixer le glycogène représente un obstacle que les théories adverses ne peuvent jusqu'ici surmonter, et on comprend mieux les variations d'opinion des auteurs qui ont abordé ce problème, comme Chauveau et Kauffmann et plus récemment Van Norden, qui, apôtre jusqu'ici de l'impuissance glycolytique, s'est rallié depuis lors à la théorie de l'hyperglycogénie.

Nous nous sommes étendu, plus que ne le comporte une notice bibliographique d'une seconde édition, sur les chapitres consacrés au métabolisme des aliments. Il faut nous contenter de signaler brièvement dans la dernière partie du précis : les échanges nutritifs, quelques pages remaniées et mises au point sur la dépense de fond, que les dernières observations dues à la grande guerre tendent à réduire encore au chiffre minimum admis, sur l'action dynamique spécifique, etc.

Cette deuxième édition du *Précis de Biochimie* de Lambling est une mise au point remarquable des connaissances acquises en Chimie biologique dans ces dernières années. Les étudiants en médecine de la Faculté de Lille peuvent être fiers de suivre l'enseignement d'un maître aussi éminent et ils doivent être reconnaissants au corps électif du Muséum qui n'a pas su appeler auprès de lui un tel collaborateur.

J. P. Langlois,
Directeur de la *Revue générale des Sciences.*

3° Sciences naturelles

Edridge-Green (F. W.), *Ancien professeur au Collège royal des Chirurgiens de Londres.* —**The physiology of vision, with special reference to colour blindness.** 1 *vol. in-8° de* XII-280 *p. avec* 23 *fig.* (*Prix cart.* : 12 *sh.*). — **Card tests for colour blindness.** 24 *cartes en couleurs dans une pochette en cuir* (*Prix* : 25 *sh.*). *G. Bell and Sons, éditeurs, London,* 1920.

M. Edridge-Green, qui depuis très longtemps s'occupe tout spécialement de la vision des couleurs, avait fait paraître, il y a quelques années déjà, sous le titre *Colour Blindness and Colour Perception*, un volume où il exposait des idées neuves et personnelles sur la dischromatopsie. Depuis lors, il a étendu ses expériences et ses observations et, dans le livre qu'il publie aujourd'hui, il traite toutes les grandes questions de l'Optique physiologique. Les vues de l'auteur diffèrent sur bien des points de celles qui sont généralement admises, et, comme il les appuie sur des constatations nouvelles, la lecture de l'ouvrage est extrêmement intéressante.

Les cônes, seuls organes terminaux récepteurs de l'appareil visuel, sont baignés dans un liquide que sensibilise le pourpre visuel fourni par les bâtonnets. Les cônes sont excités par la décomposition de ce liquide, décomposition qui prend naissance sous l'influence de la lumière. L'acuité visuelle est en relation avec la distribution des cônes. Il n'y a pas de différence qualitative entre la fovéa et la région avoisinante de la rétine; mais, comme la fovéa ne contient pas de bâtonnets, il ne s'y produit pas de pourpre visuel et cette substance n'y arrive que par une circulation du liquide sensibilisé : quand la fovéa contient du pourpre, elle est la partie la plus sensible de la rétine, et elle devient aveugle quand sa provision de pourpre est épuisée. Il existe quatre dépressions ou canaux amenant le pourpre visuel à la fovéa. Certaines observations entoptiques les font apparaître sous la forme d'une figure étoilée et permettent de constater l'existence de la circulation du liquide photochimique. Ce déplacement du liquide explique les mouvements de l'image consécutive positive et l'existence d'images consécutives multiples répondant à une seule excitation lumineuse. L'adaptation à l'obscurité est due principalement à ce que, par suite de l'accumulation du pourpre visuel dans l'obscurité, la sensibilité du liquide qui baigne les cônes se trouve augmentée. L'œil placé dans certaines conditions voit apparaître une sorte de mosaïque formée de taches claires se détachant sur un fond sombre : les parties claires de cette mosaïque correspondent aux cônes, le fond sombre, aux bâtonnets. Le phénomène de Purkinje est un phénomène photochimique.

La perception du relief et de la profondeur semble être en rapport intime avec la vision simple par des points disparates des rétines, mais pourtant elle peut se produire sans qu'il existe de doubles images et sans que des points disparates soient excités, pourvu que les deux rétines reçoivent des images semblables à celles que pourrait fournir un objet placé dans le champ de vision. Par exemple, on a l'impression de relief quand on regarde avec l'œil droit la portion droite d'une

image stéréoscopique de droite et avec l'œil gauche la portion gauche de l'image de gauche correspondante, les portions supprimées étant remplacées par un fond uni. Dans la vision binoculaire, les images des deux rétines sont combinées, l'œil droit prédominant dans la moitié droite du champ de vision, et l'œil gauche dans sa moitié gauche. Nous projetons au dehors l'apparence d'un objet en relief qui serait capable de donner naissance aux images réellement formées sur les rétines. Cette projection se fait aussi bien dans le cas où différentes images, existant dans les champs de vision monoculaire, participent à la formation du champ combiné que dans celui où l'image offerte à l'œil droit diffère de l'image offerte à l'œil gauche, et où il n'existe dans le champ combiné aucun objet présent à la fois dans les deux champs monoculaires. Cette conception, dans laquelle l'existence des doubles images n'est pas nécessaire pour l'obtention de la perspective binoculaire, rend compte de la perspective saisissante qui peut être obtenue avec un seul œil et du relief résultant de la combinaison de deux portions d'une photographie stéréoscopique comme il a été dit plus haut.

Toutes ces questions sont traitées dans la première moitié de l'ouvrage. L'auteur aborde ensuite la théorie des couleurs. L'excitation des cônes par la décomposition photochimique du pourpre sous l'influence de la lumière donne naissance à une impulsion visuelle que les fibres du nerf optique transmettent au cerveau. L'excitation et l'impulsion sont différentes pour les diverses longueurs d'onde de la lumière qui les provoque. L'impulsion conduite au cerveau agit sur le centre visuel en donnant une sensation de lumière, puis, parvenant au centre de la perception colorée, produit une sensation de couleur : l'existence de l'impulsion est la base physiologique de la sensation de lumière, tandis que la qualité de l'impulsion est la base physiologique de la sensation de couleur. L'appareil rétino-cérébral peut ne pas être suffisamment développé pour distinguer entre elles deux impulsions provoquées par deux lumières de longueurs d'onde différentes, mais assez voisines. Dans l'étendue du spectre, certains sujets, privilégiés à cet égard, distinguent sept couleurs, alors que le plus grand nombre n'en distinguent que six, et que certains en distinguent seulement cinq, quatre, trois, deux ou même voient tout le spectre de la même couleur. Une personne qui ne voit dans le spectre que deux ou trois couleurs distinctes au lieu d'en voir six comme la plupart des hommes, confond entre elles des couleurs que les autres distinguent : telle est l'explication de la dischromatopsie.

Cette théorie peut s'appliquer à toutes nos perceptions. Les agents physiques capables d'agir sur un sens déterminé (la vue, l'ouïe, etc.) peuvent être rangés en une série indéfinie, quel auteur appelle une *série physique*. Cette série physique indéfinie, agissant sur un de nos sens, nous apparaît comme une *série psycho-physique* limitée à ses deux extrémités, alors que la série physique correspondante ne l'est pas. Par exemple, un rayon de lumière solaire représente, après avoir subi la dispersion, une série physique presque parfaite ; le spectre que nous voyons constitue une série psycho-physique limitée au rouge et au violet, alors que, en dehors du spectre visible, il y a des vibrations infra-rouges et ultra-violettes qui ne sont pas perçues par notre œil. Tous les termes d'une série physique sont différents, mais, si nous prenons des termes très voisins dans cette série, nous sommes incapables de les distinguer l'un de l'autre : ils font sur nous la même impression ; et les termes correspondants de la série psycho-physique constituent une *unité psycho-physique*. Cette discrimination peut être plus ou moins précise suivant les individus : c'est ainsi qu'un peintre peut apprécier l'égalité de teinte de deux plages colorées avec plus de rigueur qu'une personne non exercée, et que le musicien juge différentes deux notes musicales qui semblent être à l'unisson pour une oreille moins affinée. Le pouvoir de discrimination dépend aussi des conditions dans lesquelles se fait l'expérience : quand nous examinons une certaine région du spectre, nous pouvons apprécier une différence de coloration entre ses deux extrémités, tandis que si l'on nous montre une couleur isolée nous pouvons dire seulement qu'elle est rouge, orange, etc. Pour le sens de la vue, les régions monochromatiques du spectre constituent les *unités psycho-physiques absolues*, tandis que les *unités psycho-physiques approchées* sont les couleurs que nous voyons dans le spectre et que nous désignons sous les noms de rouge, orange, jaune, vert, bleu et violet. Il n'y a dans chaque série psycho-physique qu'un petit nombre de ces unités psycho-physiques approchées que nous pouvons reconnaître les unes des autres sans être obligés de les comparer entre elles. Ce sont ces unités psycho-physiques approchées qui interviennent le plus souvent dans la vie ordinaire, et ce sont les seules qui reçoivent des noms définis. Cette manière de voir se trouve en accord complet avec tous les faits connus de la vision des couleurs, et elle a permis à M. Edridge-Green de prévoir des faits nouveaux qui n'étaient pas connus à l'époque où il édifiait cette théorie.

Ainsi, le nombre des couleurs vues dans le spectre doit dépendre du développement de la discrimination des couleurs, les couleurs qui présentent la plus grande différence physiologique étant distinguées les premières, et cette différence physiologique correspond probablement, au moins en gros, à leur différence physique, c'est-à-dire que ce sont les longueurs d'onde les plus grandes et les plus courtes qui sont différenciées les premières. Le jaune est une sensation simple, mais secondaire. L'étendue des plages monochromatiques dans lesquelles nous pouvons diviser un spectre pur dépend du développement de la discrimination des couleurs. Il y a des défectuosités de la perception lumineuse distinctes de celles de la perception colorée. Le raccourcissement des extrémités rouge ou violette du spectre entraîne des défectuosités distinctes, et n'est pas nécessairement associé à une discrimination défectueuse des couleurs. Il y a des cas de perception colorée trichromique : les sujets qui en sont atteints ne voient dans le spectre que le rouge, le vert et le violet, le jaune leur apparaît comme un rouge-vert et le bleu comme un vert-violet. Il existe d'innombrables variétés de vision dichromique. Quand la luminosité et l'étendue d'une plage colorée sont suffisamment réduites, toutes les couleurs nous paraissent blanches, la coloration disparaissant d'abord dans les portions moins développées de la rétine.

Les couleurs qui sont vues par contraste simultané sont dues à la perception exagérée d'une différence objective, qui existe réellement entre les lumières renvoyées à l'œil par deux surfaces adjacentes ; il faut qu'il existe une certaine différence de longueurs d'onde pour que le contraste simultané se produise, mais cette différence n'est pas la même pour les différentes couleurs. En modifiant l'intensité d'une couleur, on peut rendre manifeste une différence qui n'est pas perceptible quand les deux couleurs ont la même intensité. Suivant les cas, les deux couleurs ou une seule d'entre elles peuvent être affectées par le contraste simultané. Les images consécutives négatives des couleurs contrastées sont complémentaires des couleurs qui ont été vues.

Par suite de l'adaptation à la couleur ou adaptation colorée, l'appareil rétino-cérébral semble devenir de moins en moins sensible à la couleur qui correspond à la longueur d'onde dominante, et il s'établit un nouveau système de différenciation. Si nous voyons des objets éclairés avec une lumière qui par sa composition diffère de la lumière du jour, nous considérons inconsciemment et immédiatement cette lumière comme blanche quand nous apprécions la couleur de ces objets. Quand nous examinons le spectre avec un œil adapté, la région qui correspond à la longueur d'onde dominante dans la lumière à laquelle l'œil a été adapté, paraît incolore, tandis que les régions immédiatement voisines semblent respectivement déplacées vers le haut et le bas de l'échelle. L'adaptation colorée augmente le pouvoir de discrimination pour des couleurs autres que la dominante, et ainsi elle facilite beaucoup la discrimination

correcte des couleurs, et masque les différences physiques très grandes qui entraînent des modifications dans la nature de l'éclairage. Après adaptation au vert, le jaune apparaît encore jaune et non rouge. L'effet de l'adaptation colorée semble dû à ce que l'œil éprouve une certaine fatigue à l'égard de la lumière dominante et non pas à ce que l'action de la couleur complémentaire est directement augmentée.

La partie de l'ouvrage qui comporte les conséquences pratiques les plus importantes est celle que l'auteur a consacrée aux différents genres de dischromatopsie et aux moyens de les déceler. Beaucoup de dichromiques peuvent assortir assez exactement les couleurs, leur perception de la couleur étant suffisante pour cela quand les couleurs ne sont pas trop rapprochées l'une de l'autre dans le spectre. Les deux couleurs qu'ils voient sont le rouge et le violet, et la vision dichromique paraît être due à un pouvoir défectueux de la différenciation des couleurs, pouvoir correspondant probablement à un état antérieur dans l'évolution du sens coloré. Les dichromiques peuvent avoir une courbe de luminosité semblable à la normale. Le degré de dischromatopsie varie avec l'état de santé. La vision dichromique peut se trouver associée à des défauts de la perception lumineuse que l'on rencontre aussi dans des cas où la vision n'est pas dichromique.

Il ne faut pas confondre les cas de vision trichromique avec ceux de trichromatisme anomal. Beaucoup de personnes ayant d'ailleurs la perception colorée normale présentent du trichromatisme anomal. Le trichromatisme anomal semble dû à ce que l'œil est inégalement sensible aux diverses couleurs intervenant dans le mélange qu'il doit réaliser pour obtenir une couleur donnée. Cette inégalité de sensibilité conduit à poser une équation anomale des couleurs.

M. Edridge-Green insiste tout particulièrement sur ce fait que, parmi des sujets qui ont soutenu avec succès les diverses épreuves auxquelles on recourt d'ordinaire pour l'examen de la vision des couleurs, celle des laines de Holmgren en particulier, un examen plus approfondi permet de reconnaître un certain nombre de daltoniens. Pour le recrutement du personnel des chemins de fer et de la marine, il y aurait donc un intérêt majeur à recourir à d'autres épreuves donnant un résultat sûr. Le meilleur procédé consisterait à faire examiner les diverses régions d'un spectre pur, et l'auteur a fait construire un spectroscope spécial, grâce auquel on peut isoler à volonté telle ou telle région du spectre, et qui permet d'étudier toutes les modalités de la vision des couleurs. Mais, comme l'emploi de cet instrument présente au point de vue pratique certains inconvénients, M. Edridge-Green propose, comme moyen usuel pour reconnaître les défauts de la vision des couleurs, une lanterne qui montre aux candidats à examiner des taches lumineuses tout à fait analogues aux signaux colorés employés dans les services des chemins de fer et de la marine, et enfin, pour mettre à la portée des oculistes un matériel portatif peu encombrant, il a fait établir par les éditeurs de son livre une série de 24 tests colorés, dans lesquels sont supprimées certaines causes d'erreurs que présentaient les tests de Stilling et ceux de Nagel.

Le dernier chapitre de l'ouvrage est consacré à la critique des théories antérieurement proposées pour la vision des couleurs, celle de Young-Helmholtz et celle de Hering qui avaient servi de base aux autres. « Les physiciens et les physiologistes qui ont traité la question avaient une tendance à prendre comme point de départ des faits supposés exacts, et qui dans un grand nombre de cas n'ont pas été vérifiés. Les physiciens, en particulier, ont montré une certaine répugnance à faire des expériences nouvelles. De plus, certains auteurs, peu familiarisés avec les difficultés du sujet, ont employé un outillage imparfait, tel que des papiers colorés qui renvoient de la lumière correspondant à des régions très mal définies du spectre; d'autres, comme j'ai pu souvent le montrer, ont compromis leurs expériences par l'admission de lumière étrangère. Les conditions dans lesquelles sont faites les expériences sur la vision des couleurs doivent être précisées avec tout le soin et toute la rigueur qui sont nécessaires dans n'importe quelle branche de la science. L'étude des problèmes de la vision exige la connaissance de la Physique, de la Physiologie, de l'Ophtalmologie et de la Psychologie. » En terminant ce bref compte rendu sur cette citation empruntée à la préface, j'ajouterai que, inversement, la lecture du livre de M. Edridge-Green sera profitable au physicien, au physiologiste, à l'ophtalmologiste, au psychologue, et même au peintre.

Marcel Dufour,
Professeur à la Faculté de Médecine d'Alger.

4° Sciences diverses

Carnot (R.). — **L'étatisme industriel.** — 1 *vol. in*-16 *de* 221 *p.* (*Prix*: 4 *fr.* 50). *Payot et Cie, éditeurs, Paris*, 1920.

Sous une forme et avec une méthode différentes, M. Carnot étudie le même problème que M. Ed. Payen, dans son livre sur *les Monopoles*, que la *Revue* a précédemment analysé. Mais il le fait en ingénieur, après avoir passé quatre années de guerre dans un établissement industriel de l'Etat. Il s'agit donc d'une expérience, reposant sur la comparaison entre l'industrie d'Etat et l'industrie privée, et menée d'une façon très objective. L'auteur écrit dans son Introduction : « Connaissant l'industrie privée, j'avais en entrant dans un établissement industriel de l'Etat, pourquoi le cacherais-je ? des idées plutôt socialistes. A voir, aussi bien par le menu que dans son ensemble, le fonctionnement de la machine industrielle étatiste, mes illusions se sont envolées et je quitterai l'uniforme complètement désabusé. »

M. Carnot expose dans les différents chapitres de son livre : le rôle du Parlement ; les répercussions internationales de l'étatisme industriel ; l'esprit d'invention dans l'industrie d'Etat ; les règlements ; le contrôle administratif ; les prix de revient et de rendement ; l'esprit commercial des industries d'Etat ; le personnel, son recrutement ; la hiérarchie et la discipline ; les projets d'industrialisation des usines de l'Etat.

Il est très intéressant de constater que les critiques adressées par l'auteur à l'industrie d'Etat sont les mêmes que celles formulées par M. Ed. Payen dans le livre précité. Il en ajoute une autre particulièrement grave à l'heure actuelle : l'impuissance à exporter. Et il cite à l'appui le cas des poudreries de l'Etat qui, pendant les quinze années ayant précédé la guerre, n'ont exporté que quelques centaines de tonnes de poudre, pendant que les usines privées françaises exportaient à l'étranger plus de 500 millions de matériel d'artillerie, ce qui fait que la valeur d'exportation des poudres correspondant à la fourniture précédente aurait dû être de plusieurs centaines de millions, alors qu'elle n'a pas atteint dix millions. La vie économique normale du pays ne pouvant se rétablir qu'en réduisant nos achats et en accroissant fortement nos ventes à l'étranger, on voit que ce n'est pas précisément le moment d'accroître le champ d'action de l'étatisme industriel.

Pierre Clerget,
Directeur de l'Ecole Sup. de Commerce de Lyon.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 25 Mai 1920

1° Sciences physiques. — M. M. de **Broglie** : *Sur la structure fine des spectres de rayons X.* L'auteur a retrouvé, dans le spectre K du rhodium, le même doublet β_1 serré que pour le tungstène, la composante de grande longueur étant toujours la plus faible; l'écartement des deux raies correspond à 0,0006 unité Angström. — M. J. L. **Pech** : *Phénomènes d'antagonisme entre diverses radiations (ultra-violet, spectre visible, infra-rouge).* L'auteur a vérifié par l'expérience que certains effets obtenus en faisant agir un faisceau lumineux riche en rayons ultra-violets sur un équilibre physico-chimique sont plus difficilement observables si la proportion de radiations visibles ou infra-rouges agissant simultanément est augmentée. Les caractéristiques du faisceau antagoniste paraissent dépendre non seulement de celles du faisceau actif, mais encore de la nature de l'équilibre physico-chimique à modifier. — M. F. **Vlès** : *Spectrophotométrie ultra-violette des phénols nitrés.* Le spectre ultra-violet des phénols nitrés est composé de trois éléments : 1° une bande N absolument constante, due à l'absorption des groupements NO^2 et formée elle-même de deux composantes plus ou moins fusionnées; 2° une bande φ, quelquefois incertaine, supportée par le radical phénolique; 3° une bande ψ, inférieure à la région étudiée, d'origine problématique. On peut établir certaines relations entre les poids moléculaires et les propriétés stéréochimiques des composés et la constitution des spectres en longueur d'onde. — M. **Toporescu** : *Sur l'entraînement de la chaux et de la magnésie par les précipités d'oxyde ferrique.* En redissolvant l'oxyde de fer et le précipitant une seconde fois par l'ammoniaque, on le débarrasse complètement de la chaux; dans les solutions très étendues en chaux, l'entraînement est en effet négligeable. Les entraînements de magnésie sont toujours très importants; une seconde précipitation à l'ammoniaque est tout à fait insuffisante, au moins à froid, pour séparer la magnésie du précipité. Le lavage avec une solution bouillante d'azotate d'ammoniaque, qui débarrasse le précipité de la chaux, ne suffit pas pour enlever complètement la magnésie. — M. A. C. **Vournazos** : *Sur une nouvelle série de combinaisons complexes : les antimonioxyiodures.* Le triiodure d'antimoine, dissous dans l'alcool amylique, agit sur les sels à acides faibles (carbonates, formiates, acétates) de certains métaux bivalents pour donner des composés $M''(SbOI^3)$, contenant l'anion complexe $[SbOI^3]''$, que l'auteur nomme antimonioxyiodures. Il a ainsi obtenu les composés avec Hg et Cu, qui sont des corps stables, dont le premier fond vers 78° sans altération. — MM. L. **Guillet** et M. **Gasnier** : *Sur le nickelage de l'aluminium et de ses alliages.* Les auteurs sont arrivés à réaliser très facilement le nickelage de l'aluminium par le procédé suivant : 1° décapage de la surface du métal par un jet de sable fin; 2° dépôt, avec un bain de nickelage courant, d'une première couche de Ni de 0,006 mm. d'épaisseur; 3° dépôt d'une couche de cuivre de 0,02 mm.; 4° polissage de la couche de cuivre; 5° dépôt d'une seconde couche de nickel de 0,005 mm.; 6° polissage de la surface. Le métal ainsi traité s'emboutit sans crique et peut être plié jusqu'à un angle de 120°. Cette méthode permet non seulement de préserver l'aluminium de l'attaque des agents atmosphériques, mais aussi de le souder ensuite aisément à l'étain. — M. A. **Mailhe** : *Hydrogénation catalytique des cétazines.* L'hydrogénation des cétazines, sur nickel divisé, conduit à basse température à la formation d'amines primaires, et à température plus élevée à un mélange d'amines primaire et secondaire : $R^2C:N.N:CR^2 + 3H^2 = 2\,R^2CHNH^2$; $2\,R^2CHNH^2 = NH^3 + [R^2CH]^2NH$. Elles correspondent à des alcools secondaires R^2CHOH. Cette méthode d'hydrogénation des cétazines constitue, comme celle des cétoximes, un nouveau procédé de préparation des amines des alcools secondaires.

2° Sciences naturelles. — M. P. **Bonnet** : *Sur la limite permotriasique dans le géosynclinal arménien-himalayen.* La transition insensible formée par les *Otoceras beds* entre le Permien et le Trias dans l'Himalaya avait jusqu'ici fait obstacle à la détermination, dans le géosynclinal himalayen, d'une limite précise entre les deux systèmes. L'auteur a retrouvé en Arménie, dans le massif du Daralagoez, cette série permo-triasique avec tous ses termes fossilifères, ce qui lui a permis l'établissement d'un parallélisme rigoureux avec l'Inde et d'une coupure précise entre les deux terrains. Les couches à *Otoceras* proprement dites doivent être attribuées au Permien, tandis que les couches à *Otoceras* et *Ophiceras* et les couches intermédiaires font partie du Trias. — MM. G. **Truffaut** et H. **Bezssonoff** : *Influence de la stérilisation partielle sur la composition de la flore microbienne du sol.* Les auteurs ont constaté que, dans les 12 heures qui suivent l'application de corps partiellement stérilisants (CaS, ortho et méta-crésols dichlorés), la population bactérienne a diminué des 3/4 et même des 4/5. Mais ensuite la multiplication des bactéries est telle qu'au bout de 8 jours leur nombre est devenu 6 à 8 fois plus élevé que dans les terres non traitées. Ce sont surtout les races anaérobies qui forment la majorité de la population microbienne constante qui se développe après stérilisation partielle du sol. — M. **Paul Bertrand** : *Constitution du système vasculaire des Fougères, des Ptéridospermées et de toutes les Phanérogames anciennes.* Le système vasculaire des Fougères et des Ptéridospermées est, sur une grande partie de son étendue, une combinaison de faisceaux mésarques, offrant ce caractère que le métaxylème primaire, composé de grosses trachéides, est développé excentriquement. C'est la faculté de développer le métaxylème primaire de conjonction dans différentes directions qui a permis aux Fougères de s'adapter à des conditions très variées. La faculté de produire du bois secondaire en quantité illimitée et dans toutes les parties du corps a donné aux Phanérogames des avantages analogues, mais bien supérieurs à ceux des Fougères. — M. L. **Blaringhem** : *Stabilité et fertilité de l'hybride* Geum urbanum *L* × G. rivale L. L'auteur a fécondé avec succès, en 1908, les fleurs castrées d'une plante de *G. urbanum* par le pollen d'un *G. rivale*, et il conserve encore aujourd'hui un certain nombre d'hybrides de seconde génération provenant de ce croisement, sur lesquels on peut faire les constatations suivantes : 1° l'uniformité des caractères végétatifs est absolue; 2° la fertilité des hybrides paraît complète; 3° le pollen de tous les hybrides est partiellement avorté; 4° les variations dans le port, la taille et le coloris des fleurs traduisent les tendances individuelles en vue de la fécondation. — M. J. **Feytaud** : *Sur les rois et les reines du Termite lucifuge* (Leucotermes lucifugus *Rossi*). Les observations de l'auteur démontrent que la fondation de colonies nouvelles par les imagos essaimantes du Termite lucifuge est assez commune dans la nature, et que l'existence des rois et des reines, niée par Grassi, n'est même pas une rareté si on les recherche dans les colonies de formation récente. — MM. A. **Mayer**, A. **Guieysse** et E. **Fauré-Frémiet** : *Lésions pulmonaires déterminées par les gaz suffocants.* Les auteurs distinguent les lésions banales de la trachée et des bronches, en général réparables, des lésions du parenchyme pulmonaire, caractérisées par de la congestion, suivie d'un œdème pulmonaire aigu, qui peut frapper de vastes

territoires pulmonaires d'incapacité fonctionnelle. Ces dernières lésions peuvent soit se réparer, soit donner naissance à de la télectasie, de l'alvéolite végétante ou à la sclérose progressive du tissu pulmonaire.

Séance du 31 *Mai* 1920

1° Sciences mathématiques. — **M. Ch. Gautier** : *Sur une horloge solaire donnant toute l'année l'heure légale avec une exactitude suffisante pour la vie pratique, ainsi que la date approximative.* Cet appareil comprend : 1° un cylindre creux, placé sur un support à vis calantes, dont l'axe est dirigé suivant l'axe du monde et dont le plan médian du support coïncide avec le méridien ; 2° un style solidaire du cylindre et ayant même axe que lui. Le cylindre étant coupé à sa partie supérieure par un plan horizontal, la pointe porte ombre toute la journée (et toute l'année) sur les graduations en heures et en dates tracées dans la partie concave du cylindre. Cet appareil donne l'heure légale avec approximation d'environ 1 minute; il est autoréglable.

2° Sciences physiques. — **M. J. Fallou** : *Sur la dilatation occasionnée par l'effet Joule au contact de deux solides.* Lorsqu'on échauffe électriquement un contact de deux métaux, celui-ci se dilate proportionnellement à la chaleur développée par effet Joule ; le coefficient de dilatation de ce contact est d'autant plus grand que la résistance est plus grande; il n'y a aucune proportionnalité entre ce coefficient et les coeff. de dilatation linéaire des métaux servant à la jonction. L'effet Thomson n'explique ni la grandeur, ni le signe de ce phénomène. Il semble qu'il se forme, par diffusion moléculaire, une couche de passage dont les propriétés physiques diffèrent de celles des métaux en contact, que le passage du courant agit sur la diffusion, par conséquent sur la formation de la couche hypothétique et sur ses propriétés. — **M. F. Vlès** : *Contribution à l'étude de l'absorption, d'après les propriétés des phénols nitrés.* Au point de vue spectral, les phénols nitrés se comportent à la manière de « nitrates de phénols », associant les bandes des deux groupements en présence ; les caractéristiques des bandes dépendent de l'influence réciproque de chacun des deux radicaux sur l'autre, puisque les propriétés des sommets des bandes N et Q sont régies à la fois par le poids des groupements surajoutés au noyau phénolique constant, par les positions qu'occupent ces groupements sur le noyau et par des variables spécifiques de la nature des groupements. — **M. F. Bourion** : *Etude cinétique de la chloruration du benzène.* Le rendement est d'autant meilleur que la vitesse du chlore est plus grande. Il décroît légèrement lorsque la température s'élève. Le rendement s'abaisse rapidement à mesure que la chloruration est plus avancée. — **M. E.E. Blaise** : *Action de l'hydrazine sur les dicétones-1 : 4 acycliques.* En milieu chlorhydrique, l'hydrazine réagit sur l'acétonylacétone pour donner un corps F. 52°-53°, de formule $C^{12}H^{20}N^{4}$; c'est un mélange de pyridazine et de tétrahydropyridazine, au lieu de la dihydropyridazine attendue. L'hydrogène rendu disponible par la transformation d'une molécule de dihydropyridazine en pyridazine se reporte donc sur une autre molécule et la transforme en dérivé tétrahydrogéné. — **M. A. Gascard** : *Sur l'alcool cérylique et l'acide cérotique de la cire de Chine.* Ainsi que l'avait vu Brodie, la cire de Chine est bien formée, pour la plus grande partie, de cérotate de céryle, c'est-à-dire d'un alcool fondant à 80°, répondant à la formule $C^{27}H^{56}O$, éthérifié par l'acide correspondant, l'acide cérotique $C^{27}H^{54}O^{2}$, F. 82°-82°,5; mais cet acide doit être différent de l'acide de la cire d'abeilles, auquel on donne le même nom, et qui, d'après M. T. Marie, fond à 77°,5 et répondrait à la formule $C^{26}H^{52}O^{2}$ ou plutôt $C^{25}H^{50}O^{2}$. — **M. L. Vignon** : *Résistance de tissus aux intempéries et aux rayons ultraviolets.* Il résulte des expériences de l'auteur que les tissus d'origine animale (schappe de soie) résistent mieux que les tissus d'origine végétale (lin) aux intempéries et à l'action des rayons ultraviolets. Les différences constatées s'expliquent sans doute par le fait que la molécule albuminoïde résiste mieux à l'hydrolyse que la molécule cellulosique, cette dernière donnant facilement des hydro- et des oxy-celluloses. — **M. P. Ammann** : *Sur la grande richesse en matières azotées de certains maniocs du Cambodge.* Les diverses variétés connues du manioc ont des racines extrêmement pauvres en matières azotées, et sont considérées seulement comme des producteurs de matières amylacées. Or l'auteur a analysé récemment des racines de variétés nouvelles de manioc provenant du Cambodge et obtenues par semis de graines ; celles-ci se distinguent par une richesse élevée en matières azotées : deux, en particulier, en renferment presque autant que le riz.

3° Sciences naturelles. — **M. A. Guilliermond** : *Observations vitales sur le chondriome d'une Saprolégniacée.* L'auteur conclut de ses observations que les canalicules colorables métachromatiquement par le bleu de crésyl, et qui ont été décrits par M. Dangeard sous le nom de *mitochondries*, représentent les figures initiales du système vacuolaire qui sont incontestablement distinctes du chondriome. Ces figures ne rappellent que d'une manière extrêmement vague le chondriome qui coexiste avec elles et apparaît avec la plus grande netteté. Ce chondriome a été complètement inaperçu de M. Dangeard. — **M. G. A. Boulanger** : *Sur les* Primula elatior, acaulis *et* officinalis, *à propos de la note de M. Davy de Virville* (voir p. 385). Si le *P. elatior* est intermédiaire par ses caractères morphologiques aux *P. acaulis* et *officinalis*, il ne l'est point œcologiquement ; c'est celui qui pousse dans les terrains les plus humides. Le *P. elatior* et le *P. acaulis* semblent s'exclure l'un l'autre ; mais, dès qu'ils se rencontrent, ils se croisent avec une grande facilité. Par contre, l'hybride *P. elatior* × *officinalis* est excessivement rare. — **M. L. Daniel** : *Obtention d'une race nouvelle d'Asphodèle par l'action du climat marin.* Après une vingtaine d'années de séjour dans un jardin du bord de la mer à Erquy (Côtes-du-Nord), l'*Asphodelus luteus* s'est transformé en un type nouveau, nettement différent de l'original. Ce type nouveau, replanté à Rennes par division des touffes ou reproduit par semis de graines, s'est maintenu sans changement depuis 2 ans. — **M. Et. Foex** : *La nécrose du liber de la tige de pomme de terre atteinte de la maladie dite « de l'enroulement ».* Cette nécrose, dite leptonécrose, est un processus de dégénérescence pectique qui n'est pas poussé assez loin pour aboutir à la production d'un véritable flux gommeux, comme celui qui se manifeste dans le liber de tant d'acacias. Il est vraisemblable que c'est à l'apparition assez rapide de la lignine et de la subérine dans la tumeur que doivent être attribués l'arrêt du gonflement pectique et le durcissement des éléments nécrosés. La lignosubérification paraît être particulièrement précoce dans les membranes qui restent minces. — **M. P. Portier** : *Régénération du testicule chez le pigeon carencé.* L'auteur a pratiqué l'ablation partielle du testicule chez le pigeon carencé et a constaté que cet organe se régénère sous l'influence d'une nourriture riche en vitamines. — **M. E. Fauré-Frémiet** : *Action de différents composés chimiques sur la cellule épithéliale pulmonaire.* L'équilibre normal des constituants de la cellule épithéliale pulmonaire est plus ou moins profondément modifié sous l'action d'un grand nombre de corps à l'état de gaz ou de vapeurs. Ces modifications peuvent se traduire par des phénomènes de précipitation ou de dissolution portant sur une ou plusieurs des trois phases que l'on peut caractériser dans le cytoplasma de cette cellule. A côté des modifications qui entraînent la mort par coagulation générale ou par cytolyse, ou même la destruction totale de la cellule, on peut observer des modifications *réversibles* de l'équilibre cytoplasmique, caractérisées par l'inégale solubilité d'un corps peu toxique entre les trois phases du système. — MM. **A. Mayer, H. Magne** et **L. Plantefol** : *Action réflexe produite par l'irritation des voies respiratoires profondes.* L'irritation des voies respiratoires profondes par un gaz ou une vapeur produit une véritable polypnée, qui peut être intense et durable et présente souvent une allure périodique avec

crises d'accélération extrême. C'est un phénomène réflexe, dû à l'excitation des terminaisons du pneumogastrique et des vagues. L'irritation des premières voies respiratoires a pour effet de suspendre la polypnée; le réflexe qu'elle provoque est donc antagoniste du précédent. — M. **A. Ch. Hollande**: *Œnocytoïdes et tératocytes du sang des chenilles.* Les œnocytoïdes existent dans le sang des larves et des imagos de presque tous les insectes; ils sont inaptes à la phagocytose et nettement différents des œnocytes de Wielowiejski. A côté des leucocytes normaux, l'auteur a trouvé dans le sang des chenilles parasitées des cellules monstrueuses, qu'il nomme *tératocytes*, et se qui forment probablement aux dépens des cérodécytes imaginaux. — M. **G. Bertrand** et Mme **Rosenblatt**: *Action de la chloropicrine sur la levure et sur la fleur du vin.* 1 mgr. de chloropicrine dans un litre de moût sucré ralentit déjà la fermentation et 5 à 6 mgr. suffisent pour l'arrêter complètement. Il en faut 30 à 40 mgr. pour tuer la levure en 24 h. La fleur du vin est encore plus sensible que la levure à l'action de la chloropicrine.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 18 Mai 1920

M. le Président annonce le décès de M. **F. Glénard**, correspondant national.

M. **G. Darier**: *Sur une affection précancéreuse récemment décrite : la dermatose de Bowen.* Bowen a décrit en 1912 une dermatose qui possède la tendance à se transformer en cancer. L'auteur en a observé 7 cas, dont 4 ont évolué en cancer et 3 autres ont été opérés avant leur évolution maligne. Il s'agit de taches kératosiques, de la grandeur d'une lentille à celle de la paume de la main, de forme arrondie, polylobée ou irrégulière, d'une couleur rose terne, plus ou moins papuleuses ou végétantes, et toujours recouvertes de squames épaisses. Elles apparaissent insidieusement, persistent indéfiniment et s'étendent lentement sans douleur, pour se transformer en tumeurs malignes au bout d'un temps souvent fort long. Le cancer de la maladie de Bowen est remarquable par son extension rapide, en surface plus qu'en profondeur. Aussi il importe, dès que le diagnostic de la maladie aura pu être établi, d'enlever ou de détruire les taches. — MM. **L. Bernard** et **J. Renault**: *L'enquête épidémiologique du Ministère de l'hygiène sur l'encéphalite léthargique en France.* 464 cas de cette maladie, dont 10 douteux, ont été signalés du 1er janvier au 1er mai. Le nombre des décès est de 118. Les enfants ont été touchés dans la proportion de 1 pour 2 adultes. Les cas les plus nombreux se trouvent dans les départements où la population est la plus dense; mais la répartition est assez uniforme. Aucun rapport ne signale de contamination probable par contage direct. L'épidémie est actuellement en décroissance marquée.

Séance du 25 Mai 1920

MM. **B. G. Duhamel** et **R. Thieulin** : *Influence du foie sur le pouvoir agglutinatif du sérum.* Les auteurs communiquent une série d'expériences qui donnent à penser que les variations du pouvoir agglutinatif du sérum, après les injections de colloïdes, sont en relation avec la crise hépatique. Il semble que le foie est, pour le sang, une réserve d'agglutinines, lesquelles, au contact des colloïdes électronégatifs, voient s'élever leur pouvoir agglutinatif.

Séance du 1er Juin 1920

M. le Président annonce le décès du Dr **A. Pamard**, Associé national.

MM. **P. Marie**, **Crouzon** et **Bouttier** : *Le tartrate boricopotassique et la médication borée dans le traitement de l'épilepsie.* Pour remédier à certains inconvénients de la médication bromurée, dans le traitement de l'épilepsie, les auteurs proposent de la remplacer par la médication borée, qui jouit d'une action antiépileptique d'une efficacité comparable. L'agent de cette médication doit être le tartrate borico-potassique, nettement supérieur, à ce point de vue, aux autres sels de bore figurant dans les Pharmacopées. — MM. **G. H. Lemoine** et **M. Favre**: *Réduction de la période de contagiosité des fièvres éruptives par la méthode de Milne.* La méthode de Milne consiste dans une désinfection précoce de la gorge et de la surface du corps des rougeoleux et des scarlatineux, en complétant le traitement pour les rougeoleux par le placement des malades sous un voile de gaze aspergé matin et soir d'essence d'eucalyptus. Cette méthode permet de laisser ces malades dans les salles communes d'hôpitaux et d'éviter la contagion des autres malades; elle réduit en outre notamment la période de contagiosité des fièvres éruptives (4 jours pour la scarlatine, 10 pour la rougeole). Les auteurs l'ont appliquée avec succès pendant la guerre dans des formations sanitaires.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 29 Mai 1920

MM. **Martin-Sans** et **Stillmunkés**: *Réactions globulaires du sang à la suite d'injections d'extrait de gui.* L'extrait du gui, en injection intra-veineuse, modifie l'équilibre cellulaire du sang en déterminant une diminution des globules rouges et de la résistance globulaire, une leucopénie immédiate suivie d'une leucocytose marquée dont l'intensité décroît avec les injections successives, jusqu'à la manifestation d'un véritable phénomène d'immunité cellulaire. — M. **A. Weber**: *Greffes d'œufs de Batraciens urodèles dans la cavité péritonéale d'adultes de même espèce.* Les œufs fécondés et pondus introduits dans le péritoine d'un triton mâle sont tués avec rapidité; le passage dans la cavité péritonéale de la femelle exerce aussi une action nocive, mais plus lente. Mais cette action nocive peut être facilement atténuée, sinon détruite, par la greffe successive de plusieurs œufs ou larves; le second ou le dernier greffé poursuit alors son développement pendant un certain temps. — M. **E. Pozerski** : *Action de la papaïne sur le* Bacterium coli. La papaïne non chauffée arrête la mobilité du *B. coli*, mais n'a aucune propriété agglutinante sur ce microbe. La papaïne chauffée arrête sa mobilité et l'agglutine aussi d'une façon très marquée. La papaïne non chauffée neutralise le pouvoir agglutinant de la papaïne chauffée; ajoutée à des *B. coli* agglutinés par la papaïne chauffée, elle les désagglutine partiellement. — M. **A. Frouin** : *Développement du bacille tuberculeux, type humain, sur milieu chimiquement défini en présence de sucres et de terres du groupe cérique.* Le glucose, le lévulose, le lactose, le maltose favorisent à des degrés divers le développement du bacille tuberculeux. L'addition de sulfates de terres du groupe cérique à la dose de 1/40.000 diminue, dans tous les cas et quel que soit le moment de l'observation, le développement de ce bacille. Il n'y a pas accoutumance du microbe vis-à-vis des terres rares. — MM. **E. Gruat** et **F. Rathery**: *Les variations de la teneur du sang en azote uréique, azote total et azote résiduel chez les urémiques.* L'azote résiduel est ordinairement élevé chez le néphrétique azotémique présentant des symptômes urémiques, mais il n'y a pas proportionnalité nécessaire entre le chiffre de l'urée sanguine et celui de l'azote résiduel. Les grosses élévations de l'azote résiduel ont toujours été de pronostic immédiatement grave; pour les valeurs moyennes, le chiffre de l'azote résiduel est insuffisant pour établir le pronostic. — M. **A. Besredka**: *Vaccination contre le charbon par voie cutanée.* En adoptant la voie cutanée, on vaccine sans peine le cobaye et le lapin contre une dose quasi illimitée de virus charbonneux.

Séance du 5 Juin 1920

M. **R. Argaud** : *Sur les glandes de l'oviducte chez les Chéloniens.* L'oviducte de la Tortue possède un double appareil glandulaire : 1° des glandes unicellulaires mucinogènes provenant de la transformation temporaire des

cellules ciliées; 2° des glandes définitives en tubes ramifiés, dont les cellules, très granuleuses, n'apparaissent qu'au moment de la maturité sexuelle, et dont le rôle paraît être de sécréter autour de l'ovule des membranes protectrices. — **M. P. Lecène** : *Persistance de la spermatogénèse dans le testicule d'hommes très âgés.* De plusieurs observations, l'auteur conclut que le grand âge, à lui seul, n'est pas une cause de dégénération de l'épithélium différencié des tubes séminifères chez l'homme, puisque, à 73 et 78 ans, on peut encore trouver chez l'homme une glande testiculaire en spermatogénèse active. La sclérose du testicule, lorsqu'elle se produit à cet âge, provient sans doute le plus souvent de causes pathologiques. — **M. Boigey**: *Influence de la température atmosphérique sur la force musculaire des athlètes.* Il résulte des observations de l'auteur que le système musculaire de l'homme trouve ses meilleures conditions d'activité lorsque la température extérieure est aux environs de 20°. Il a vérifié d'autre part que le maximum de la force musculaire chez l'homme est en moyenne entre 3 et 4 heures du soir, et son minimum vers 5 heures du matin. Des aliments pris 4 heures avant l'instant où la courbe dynamique est à son minimum suppriment ce minimum.

(*A suivre.*)

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 21 *Mai* 1920

M. A. Cotton : *Sur un cas remarquable d'altération d'un verre d'optique.* On sait que les diverses sortes de verres sont plus ou moins altérables : on compare entre eux, à ce point de vue, les divers échantillons en mesurant la quantité d'alcali qu'ils abandonnent à chaud en présence de l'eau. Le cas suivant est intéressant, parce qu'il porte sur un appareil construit il y a longtemps et parce qu'on peut caractériser un des produits de l'altération. Il s'agit de glaces de verre, constituant des *piles de glaces* construites vers 1847 par Soleil pour le Laboratoire de Physique de l'Ecole Normale. Ces vieilles piles de glaces paraissent toujours sales : même quand on a nettoyé avec soin les surfaces extérieures exposées directement à l'air et aux poussières, on s'aperçoit aussitôt qu'il est nécessaire de démonter la pile et de nettoyer les faces en regard des lames isolées. Ces surfaces, sur toute leur étendue, sont parsemées d'un dépôt de fines gouttelettes liquides, visibles à la loupe ou au microscope, plus abondantes au voisinage des bords des lames. Ces gouttes ne sont pas de l'eau condensée, car elles ne s'évaporent pas et colorent fortement en bleu le tournesol. En les étudiant au microscope, M. Cotton a reconnu qu'elles étaient formées d'une *solution sursaturée d'un silicate de sodium.* Sur certaines lames en effet, particulièrement altérées, on observe parfois des cristaux dont les dimensions sont de quelques centièmes de millimètre, rétablissant la lumière entre nicols croisés et donnant, lorsqu'ils sont un peu épais, les couleurs du premier ordre. En frôlant un de ces cristaux avec un fil de platine et touchant ensuite avec ce fil, sous l'objectif du microscope, une des gouttes signalées plus haut, on la voit aussitôt se prendre en masse et rétablir la lumière entre deux nicols. L'analyse microchimique de la substance dissoute (goutte déposée sur une lame recouverte de baume et exposée au gaz fluorhydrique) indique la présence du silicium et du sodium, la présence de ce dernier étant indiquée d'ailleurs par sa réaction spectrale. Les chimistes décrivent des silicates de sodium basiques dont l'un d'eux est signalé comme clinorhombique et déliquescent : ce dernier caractère appartient bien au produit étudié. Il suffit de souffler sur les cristaux pour former des gouttes qui ne s'évaporent que lentement en restant sursaturées. Cela explique la permanence de ces dépôts liquides même lorsqu'on laisse, comme c'était le cas, la pile abandonnée à elle-même dans un endroit sec. Cette observation explique peut-être pourquoi les lames minces de verre soufflé, constituant les « couvre-objets » de microscope, paraissent toujours sales quand on les retire des boîtes de carton où on les conserve généralement, et pourquoi, même une fois lavées, elles ne peuvent servir dans les recherches ultra-microscopiques. Il semble indiqué dans ce cas de mettre, aussi complètement que possible, les surfaces à l'abri, non seulement des poussières, mais de l'humidité. Dans le cas des piles de glaces, il sera bon de les mastiquer complètement sur leur pourtour, le long des minces bandelettes de papier qui séparent les lames contiguës. L'altération dont il s'agit explique peut-être ce fait singulier, remarqué par Lord Rayleigh, que les propriétés de la lumière polarisée réfléchie sur le verre sous l'incidence brewstérienne changent rapidement après l'opération du polissage. — **M. Jean Perrin** : *Fluorescence et phosphorescence.* Toute transformation chimique d'état initial A et d'état final A' impliquerait double mouvement d'énergie rayonnante, savoir absorption d'une lumière L et dégagement d'une lumière L'. Une vérification qualitative est donnée par la fluorescence des corps organiques. Cette fluorescence n'est nullement une propriété physique : dans tous les cas examinés, on a pu établir que la matière active est détruite progressivement. Les molécules des corps fluorescents jettent un éclair au moment où elles se détruisent, sous l'action de la lumière excitatrice, et la fluorescence est la somme de ces éclairs. De même, ce sont les atomes de radium qui n'émettent de rayons radio-actifs qu'à l'instant où ils se détruisent. La vitesse d'une réaction doit être proportionnelle à l'intensité de la lumière excitatrice présente dans la radiation interne du corps noir à la température de l'expérience, laquelle obéit à la loi de Planck. Et l'on trouve bien ainsi, conformément à la règle empirique d'Arrhenius, que cette vitesse est proportionnelle à $e^{-\frac{a}{T}}$. Le coefficient a prend alors l'expression $\rho\nu$, où ρ est une constante universelle connue, et ν la fréquence de la lumière L, excitatrice. On peut étendre cette théorie à la phosphorescence : l'accroissement d'éclat avec la température (thermoluminescence) correspond à l'accroissement de vitesse d'une réaction. Sa mesure, facile, permet de calculer la longueur d'onde de la lumière infra-rouge, qui régénère le corps phosphorescent en lui faisant émettre la lumière visible bien connue. Et, d'autre part, reprenant une ancienne expérience d'Edmond Becquerel, non interprétée jusqu'ici, on peut constater qu'en effet cette longueur d'onde calculée régénère la substance phosphorescente. Dans ce cas de la phosphorescence, la théorie semble donc complètement vérifiée.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 28 *Mai* 1920

MM. J. Bougault et J. Perrier : *Acide cyanhydrique et glucose; réaction de Kiliani* (voir p. 391). — **M. Ch. Dufraisse** : *Sur les formes stéréoisomériques des dibromure et diiodure de benzoylphénylacétylène.* L'auteur donne les premiers résultats d'une étude qu'il a entreprise sur l'isomérie éthylénique dans le groupe des cétones, et il décrit les modes d'obtention et les propriétés des isomères α-β-dihalogénés de la benzalacétophénone. Ces composés peuvent être obtenus par fixation de deux atomes d'halogène sur le benzoylphénylacétylène. Les deux isomères prévus par les théories stéréochimiques ont été isolés dans le cas du brome, comme dans celui de l'iode; ils correspondent respectivement aux formules de constitution suivantes :

$$C^6H^5.CBr{\div}CBr.CO.C^6H^5 \text{ et } C^6H^5.CI{\div}CI.CO.C^6H^5$$

Ils offrent la particularité d'être différemment colorés, l'isomère le moins soluble étant incolore, tandis que le plus soluble est coloré en jaune pâle dans le cas du composé bromé, et en jaune citron dans le cas du composé iodé. L'isomère iodé coloré peut être obtenu

sous deux formes nettement distinctes l'une de l'autre par leur aspect cristallin, leur point de fusion, leurs solubilités et leur sensibilité à l'action de la lumière. Rien d'analogue n'a été observé dans le cas des isomères bromés.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 11 *Mars* 1920

Sciences physiques. — MM. **W. G. Duffield, T. H. Burnham** et **A. A. Davis** : *La pression sur les pôles des arcs métalliques, y compris les arcs entre alliages et composés.* Dans un travail antérieur, les auteurs avaient montré que les pôles d'un arc au carbone se comportent comme s'ils se repoussaient; ils attribuaient cet effet à la réaction qui suit l'émission d'électrons par les pôles sous l'influence de l'action thermo-ionique ou photoélectrique. Leurs nouvelles expériences portent sur des arcs entre électrodes de fer, de cuivre et d'argent, la variation de la pression de répulsion avec la densité de courant étant mesurée pour les anodes et les cathodes. Les pressions sont plus élevées que dans l'arc au carbone; elles sont les plus grandes dans l'arc au cuivre. Si l'on admet que la pression est due à la projection d'électrons, une comparaison entre l'énergie cinétique de l'électron et celle de l'atome métallique à la température de l'arc montre que les électrons, avant d'être projetés, sont en équilibre thermique avec le métal du pôle. Les auteurs ont mesuré également les réactions sur des électrodes composées d'un alliage Ag-Cu, ainsi qu'entre une électrode d'argent et une de carbone; dans ce cas, la pression est déterminée surtout par la substance du pôle examiné. — M. **J. H. Vincent** : *Nouvelles expériences sur la variation de longueur d'onde des oscillations engendrées par une soupape ionique lorsque le courant du filament varie.* Eccles et Vincent ont trouvé que, dans un circuit oscillatoire maintenu par une soupape thermoionique avec couplage d'une bobine de grille, la longueur d'onde a une valeur maximum pour un certain courant dans le filament. Pour faire varier le courant dans le filament, l'auteur emploie des rhéostats construits de telle façon que le changement de résistance n'est accompagné d'aucune variation sensible dans la self-induction du circuit du filament. Les résultats obtenus sont indépendants de la méthode par laquelle on mesure la longueur d'onde. La longueur d'onde et l'amplitude décroissent quand le voltage de la grille ou de la plaque diminue, ainsi que quand le couplage de la bobine de la grille avec la bobine de l'oscillateur principal décroît. L'augmentation de la résistance soit dans la branche du condensateur, soit dans la branche d'induction du circuit oscillant principal, diminue l'amplitude et la longueur d'onde; si l'on fait varier le courant du filament dans un sens ou dans l'autre à partir du point qui donne la longueur d'onde maximum on diminue aussi l'amplitude. — M. **H. A. Daynes** : *Le processus de la diffusion à travers une membrane de caoutchouc.* Les récents travaux sur la diffusion des gaz à travers les membranes de caoutchouc semblent indiquer qu'il s'agit d'un processus simple, faisant intervenir à la fois la diffusion et l'absorption. L'auteur traite le problème mathématiquement en considérant l'état instable dans lequel une membrane, après avoir été exposée à l'air, est subitement exposée d'un côté à l'hydrogène, et il calcule le taux d'émission de l'hydrogène sur l'autre côté. Le passage du gaz à travers la substance est traité comme un problème de diffusion pure; seules les conditions aux limites sont déterminées par l'absorption. Les mesures de la perméabilité d'une membrane et du délai nécessaire pour atteindre un régime stable sont suffisantes pour la détermination des constantes d'absorption et de diffusion. D'expériences faites au moyen d'un katharomètre, l'auteur déduit les constantes de diffusion et d'absorption pour H, N, O, CO^2, NO et NH^3. Il donne en outre les coefficients de température de ces constantes pour H et il montre que le coefficient de température élevé de la perméabilité du caoutchouc est dû principalement au coefficient de température élevé de la constante de diffusion. La très forte perméabilité du caoutchouc pour CO^2 et NH^3 est due entièrement à leur absorption élevée.

Séance du 18 *Mars* 1920

Sciences naturelles. — M. **R. R. Gates** : *Compte rendu préliminaire des phénomènes mitotiques dans les cellules mères du pollen et le tapetum de la Laitue* (Lactuca sativa). Une étude préliminaire de la mitose dans le développement du pollen de la Laitue a fait ressortir plusieurs points d'une importance générale pour les conceptions cytologiques et les problèmes de Génétique. L'auteur a observé chez cette plante un état exceptionnel, où tous les degrés intermédiaires existent entre les cellules mères du pollen et les cellules tapétales. La synapsis a même été observée chez les cellules tapétales binucléées, ce qui fait ressortir les aspects physiologiques de la contraction synaptique. Les cellules tapétales offrent la particularité d'être souvent très allongées et d'être disposées suivant la longueur de l'anthère. Finalement, elles se rompent et forment un plasmode entourant les grains de pollen. La cytomyxie peut aussi se présenter, quoique rarement, pendant le stade de synapsis chez les cellules mères du pollen. — M. **W. B. Brierley** : *Une forme de* Botrytis cinerea *à sclérotes incolores.* Cette forme a été obtenue par isolement et croissance d'un sclérote incolore, formé dans une culture de race normale dérivée d'une seule spore. L'origine primaire de la variation qui a abouti à cette forme albinos est localisée dans la cellule mère hyphale dont le sclérote initial a dérivé. L'auteur accepte l'affirmation de Lotsy que « la certitude de la pureté est une condition *sine qua non* pour obtenir la preuve de l'existence de la mutation chez les êtres vivants », et il montre que cet état peut n'être pas réalisable chez les Champignons. Il suggère que des fusions somatiques aboutissant à une variation des valeurs génotypiques constituent le mécanisme par lequel l'évolution s'est produite chez les Champignons.

Séance du 25 *Mars* 1920

Sciences mathématiques. — M. **A. F. Dufton** : *Nouvel appareil pour tracer les coniques* (voir la *Revue* du 15 juin, p. 329). — M. **R. D. Oldham** : *La fréquence des tremblements de terre en Italie de* 1896 *à* 1914. L'auteur a recherché s'il existe une variation dans la fréquence des tremblements de terre qui soit attribuable aux tensions produites par l'attraction gravitationnelle du Soleil et de la Lune. En plus de petites variations plus ou moins douteuses, l'auteur a constaté l'existence d'une fréquence maximum très marquée à l'époque de la nouvelle Lune quand les déclinaisons du Soleil et de la Lune sont du même signe, et à celle de la pleine Lune quand elles sont opposées, concurremment avec une fréquence minimum également marquée à la pleine Lune quand les déclinaisons sont les mêmes, et à la nouvelle quand elles sont opposées. Aux premier et dernier quartiers, la fréquence est à peu près moyenne; aux époques de minimum, la fréquence est d'environ 1/3, et à celles de maximum d'environ 2/3 de la moyenne. La grandeur de cette variation, et le fait qu'elle est reconnaissable d'une façon continue dans toute la période étudiée, montre que la variation est réelle, et il est difficile d'en trouver une autre cause que l'effet des tensions dues à l'attraction gravitationnelle du Soleil et de la Lune.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

31e ANNÉE N° 13 15 JUILLET 1920

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences, de l'Académie de Médecine

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

S. Ramanujan. — Le jeune et déjà célèbre mathématicien hindou est décédé aux Indes à la fin de mai, à l'âge de 32 ans. Né aux environs de Madras, de parents pauvres, il put néanmoins entrer à l'Université de cette ville, mais il dut interrompre ses études pour accepter un emploi salarié à la Cie du Port de Madras. Toutefois, ses capacités exceptionnelles avaient attiré sur lui l'attention de ses professeurs, et l'octroi d'une bourse lui permit de se libérer du travail quotidien pour se consacrer uniquement à l'étude et à la recherche. Il vint en Angleterre en avril 1913, à l'Université de Cambridge, et là, au contact de mathématiciens éminents, il se développa rapidement. De 1916 à 1919, il publia une vingtaine de mémoires sur des questions variées d'Analyse, mais spécialement de Théorie des nombres, sur lesquels la *Revue* a déjà attiré longuement l'attention de ses lecteurs[1] et qui consacrèrent définitivement sa réputation. En 1918, il fut nommé « fellow » du Trinity College de Cambridge, et la Société Royale de Londres lui ouvrit ses portes; c'est le premier Hindou auquel ces deux distinctions aient été accordées, et il n'avait que 30 ans.

Ramanujan avait malheureusement contracté en Angleterre le germe de la maladie qui devait l'emporter un an à peine après son retour aux Indes. Sa disparition prématurée est une grande perte pour la science mathématique, à laquelle il avait ouvert des voies nouvelles qu'il eût sans doute explorées brillamment.

§ 2. — Physique

La constitution nucléaire des atomes. — Sir Ernest Rutherford a pris cette question comme sujet de la *Bakerian Lecture* prononcée par lui le 3 juin devant la Société Royale de Londres, et il a fait connaître un certain nombre de résultats nouveaux qu'il est intéressant de reproduire ici.

L'idée de la constitution nucléaire des atomes dérive, on le sait, de l'étude de la dispersion des particules α rapides après leur passage à travers la matière; Moseley prouva ensuite qu'il existe un rapport étroit entre le nombre atomique d'un élément et sa charge nucléaire. La détermination exacte de la charge nucléaire est donc de première importance. Des expériences récentes et encore inédites de M. Chadwick au Laboratoire Cavendish indiquent que la charge nucléaire sur un atome en unités fondamentales est égale au nombre atomique avec une exactitude d'environ 1 %. Il s'ensuit qu'il existe une région entourant le noyau où la loi de l'inverse du carré se vérifie exactement.

Le problème de la constitution de l'atome se divise naturellement en deux parties : 1° arrangement des électrons extérieurs, d'où dépendent les propriétés physiques et chimiques ordinaires de l'atome; 2° constitution du noyau, d'où dépendent la masse de l'élément, la possibilité des isotopes et la radio-activité.

Le noyau est composé d'unités positivement chargées et d'électrons négatifs en combinaison très étroite, et l'estimation de ses dimensions n'est possible que par l'étude de la collision des particules α avec les atomes légers. Près du noyau, il se produit une variation rapide dans la grandeur et la direction des forces, reliée probablement en partie à la déformation de la structure du noyau sous les forces intenses qui se développent dans une telle collision. A moins que les noyaux ne soient très stables, on doit s'attendre à ce qu'ils soient déformés, et peut-être brisés, à la suite d'un choc direct avec des particules α rapides.

Dans des expériences antérieures, on a reconnu que des particules à longue trajectoire, ressemblant à des atomes d'hydrogène, sont libérées par le passage des particules α à travers l'azote pur. De nouvelles expériences ont été instituées pour déterminer, par une méthode modifiée, la nature de ces particules en les déviant dans un champ magnétique. On a trouvé que le taux de déviation des particules libérées par l'azote de l'air est le même que celui des atomes d'H provenant d'un mélange d'hydrogène et d'anhydride carbonique. On a ainsi prouvé définitivement que l'hydrogène est

1. Un mathématicien hindou. *Rev. gén. des Sc.* du 30 janvier 1918, t. XXIX, p. 33-34.

l'un des produits de désintégration de l'atome d'azote et l'un des composants originaux du noyau azoté. La possibilité que les particules à longue trajectoire soient des atomes de masse 2, 3 ou 4 portant une charge simple peut être définitivement écartée.

La déviation par un champ magnétique des particules à courte trajectoire qui sont libérées de l'azote et de l'oxygène, et qui avaient été considérées à l'origine comme des atomes de recul de ces éléments, est non seulement beaucoup plus grande que celle qu'on peut attendre de pareils atomes de recul, mais elle est aussi plus grande que celle de la particule α, quoique moindre que celle des atomes d'H libérés d'un mélange d'hydrogène et d'anhydride carbonique. Il y a des raisons de considérer ces particules comme des atomes de masse voisine de 3, portant deux charges.

Par conséquent, l'atome d'azote peut être désintégré de deux façons par choc avec des particules α : par libération d'un atome d'H, ou par expulsion d'une masse égale à 3, les deux processus se produisant indépendamment. Les atomes de masse 3 sont également libérés par les atomes d'oxygène, mais on n'a pu déceler d'atomes d'H dans ce dernier cas. En résumé, des atomes de masse 3, portant deux charges positives, sont des composants des noyaux de l'oxygène et de l'azote.

Ce nouvel atome doit être considéré comme un isotope de l'hélium et doit donner à peu près le même spectre. L'énergie de mouvement de l'atome de masse 3 expulsé de l'azote et de l'oxygène est d'environ 8 % plus grande que l'énergie initiale de la particule α, ce qui montre que de l'énergie est libérée à la suite de la désintégration. Les atomes de masse 3 sont probablement constitués par trois noyaux d'hydrogène avec un électron de liaison, et les atomes d'hélium par quatre noyaux d'hydrogène avec deux électrons. A côté de l'hydrogène lui-même, ces atomes sont des unités secondaires importantes dans l'édification des noyaux atomiques.

A la lumière de ces nouvelles preuves expérimentales, Sir E. Rutherford a donné des exemples des modes possibles de formation des isotopes et des structures possibles des noyaux de l'azote et de l'oxygène. Il doit exister des combinaisons étroites de noyaux d'hydrogène et d'électrons, donnant naissance aux atomes à charge nucléaire nulle, conception nécessaire pour expliquer l'évolution des éléments lourds.

§ 3. — Chimie industrielle

La réparation des pièces de machines par dépôt electrolytique de fer. — M. B. H. Thomas a fait connaître à la séance du 12 mai de l'Institution anglaise des Ingénieurs d'automobiles les résultats obtenus pendant la guerre, à l'Atelier de réparation des automobiles, par une nouvelle méthode de travail[1]. Celle-ci consistait non à remplacer les pièces usées par de nouvelles, mais à déposer, partout où le métal avait été enlevé, une nouvelle couche de fer jusqu'à rétablir l'épaisseur primitive de la pièce.

Ce dépôt avait lieu par voie électrolytique. Les parties à réparer étaient d'abord soigneusement nettoyées, puis décapées électrolytiquement dans un bain de soude caustique, puis dans un bain d'acide sulfurique. Le dépôt métallique était ensuite obtenu dans une solution de sulfate ferreux ammoniacal aussi neutre que possible, tenant d'ailleurs en suspension un peu de carbonate ferreux pour empêcher le bain de devenir acide. L'anode était constituée par du fil de fer de Suède enroulé en forme de cylindre et entourant la pièce. Le liquide était maintenu en mouvement constant. La densité de courant était de 0,1 ampère par 30 cm², la température de 20° C. au moins, et le dépôt était de 0,005 mm. par heure.

Le fer était déposé directement sans cuivrage préalable. Ce point est très important pour les pièces qui doivent être ensuite cémentées ou soumises à un traitement thermique. Des microphotographies ont d'ailleurs montré que, dans ce cas, le carbone avait pénétré à travers le dépôt électrolytique de fer jusque dans l'acier de la pièce et oblitéré la ligne de partage.

Ces opérations nécessitent beaucoup de soins et d'attention pour donner un bon résultat ; elles ont, cependant, permis d'accomplir beaucoup de travail utile, et la méthode mérite donc de retenir l'attention.

1. *Engineering*, t. CIX, n° 2837, p. 655 : 14 mai 1920.

§ 4. — Biologie

Les bases embryologiques de la mortalité chez l'homme. — Les statistiques de mortalité sont généralement établies d'après la « classification internationale des causes de décès », où sont rangées dans un ordre déterminé les différentes entités morbides. Pour arriver à une idée plus claire des facteurs biologiques qui sont à la base de la mortalité chez l'homme, M. R. Pearl[1] a eu l'idée de regrouper toutes les causes de décès d'après les divers systèmes d'organes du corps dont l'arrêt fonctionnel est la cause immédiate ou prédominante de la mort.

Il classe donc les décès en 10 catégories, suivant qu'ils proviennent de la cessation de fonctionnement :

1° du système circulatoire, sang,
2° du système respiratoire,
3° des organes sexuels primaires et secondaires,
4° des reins et des organes excréteurs connexes,
5° des systèmes squelettique et musculaire,
6° du canal alimentaire et des organes associés dans le métabolisme,
7° du système nerveux et des organes des sens,
8° de la peau,
9° du système endocrine,
10° des autres organes,

quelle que soit d'ailleurs la cause pathologique de cet arrêt : infection bactérienne, perturbation trophique ou mécanique, etc. En d'autres termes, il considère la question de la mort du point de vue du biologiste pur, qui ne s'occupe pas de la cause de la cessation de la fonction, mais de la partie de l'organisme qui cesse de fonctionner et provoque ainsi la mort.

Appliquée à un certain nombre de recensements, cette classification lui a donné les résultats suivants (la mortalité étant comptée par 100.000 habitants) :

Système d'organe	Etats-Unis		Angleterre et Galles	Sao Paulo
	1906-10	1901-05	1914	1917
Syst. respiratoire	395,7	460,5	420,2	417,5
Canal alimentaire	334,9	340,4	274,1	613,8
Syst. circulatoire	209,8	196,8	208,6	254,8
Syst. nerveux; org. des sens	175,6	192,9	151,9	124,3
Reins et org. excréteurs	107,2	107,4	19,4	83,4
Org. sexuels prim. et sec	88,1	77,4	95,4	103,2
Syst. squelettique et muscul	12,6	13,7	18,2	6,8
Peau	10,1	13,3	12,0	7,9
Org. endocrines	1,5	1,2	1,9	1,1
	1.335,5	1.403,6	1.231,7	1.612,8
Autres causes de décès	171,3	211,9	141,4	109,8

On voit immédiatement que, pour les Etats-Unis et l'Angleterre, l'arrêt du système respiratoire provoque plus de décès que celui de n'importe quel autre système. L'exception apparente de l'Etat de Sao Paulo provient de la terrible mortalité infantile par diarrhée et entérite dans ce pays. Dans les trois pays, le système respiratoire et le canal alimentaire ensemble rendent

1. *Proc. of the Nation. Acad. of Sc. of the U. S. of America*, t. V, n° 12, p. 593; déc. 1919.

compte de plus de la moitié des décès biologiquement classifiables : ce sont ceux, d'ailleurs, qui, par leur surface, sont en contact direct avec le milieu extérieur (eau, aliments, air) et ses souillures bactériennes ; il en est de même de la peau, mais celle-ci est bien mieux protégée que les muqueuses par son épithélium stratifié.

Les organes circulatoires et le sang occupent le troisième rang dans ce tableau de mortalité ; le sang, par son mécanisme immunologique, constitue, en effet, la seconde ligne de défense de l'organisme contre ses envahisseurs.

D'une façon générale, les efforts de l'hygiène publique sont dirigés contre les affections qui atteignent les deux premiers systèmes d'organes : système respiratoire et canal alimentaire. Les statistiques des Etats-Unis se rapportant à deux périodes consécutives de 5 années permettent de juger des résultats obtenus ; ceux-ci sont surtout marqués pour les affections du système respiratoire.

M. R. Pearl ne s'en est pas tenu là. Il a procédé ensuite au groupement de toutes les causes de décès organologiquement classifiables d'après les couches germinatives primaires (ectoderme, mésoderme et endoderme) aux dépens desquelles les organes considérés se sont développés embryologiquement. Il obtient ainsi les résultats suivants (les proportions varient un peu suivant que l'on fait dériver certains organes de l'ectoderme ou du mésoderme) :

Pays	Ectoderme %	Mésoderme %	Endoderme %
Etats-Unis (1906-1910)...	8,7 à 14,3	37,4 à 31,8	53,9
— (1901-1905)...	9,8 à 15,0	34,2 à 29,0	56,0
Angleterre et Galles (1914)	6,7 à 14,4	36,0 à 30,3	55,3
Sao Paulo (1917).....	6,3 à 8,4	31,1 à 29,0	62,6

Ces derniers résultats conduisent à une généralisation d'une grande importance pour l'évolutionniste. Ils montrent que, chez l'homme, le produit le plus élevé de l'évolution organique, environ 57 % de toutes les causes de décès biologiquement classifiables proviennent d'un arrêt fonctionnel d'organes dérivés de l'endoderme par leur développement embryologique, tandis que 8 à 13 % seulement peuvent être regardés comme un résultat de l'arrêt de systèmes d'organes d'origine ectodermique ; le reste des décès, 30 à 35 %, provient de l'arrêt d'organes mésodermiques. Il y a là un rapport évident avec le fait que l'ectoderme est, chez l'homme, le plus différencié de sa condition primitive, tandis que l'endoderme l'a été le moins au cours du processus de l'évolution.

Ces résultats confirment d'autre part le rôle important joué par les facteurs biologiques constitutionnels innés par rapport aux facteurs du milieu dans la détermination des taux de la mortalité humaine.

M. Pearl a, en effet, groupé les décès humains en grandes classes reposant sur une base strictement biologique. Or, ceci fait, on constate que les proportions dans les subdivisions de la mortalité sont tout à fait analogues dans des milieux aussi dissemblables que les Etats-Unis, l'Angleterre et le sud du Brésil. Il n'en serait pas ainsi si le milieu était le facteur prédominant de la mortalité humaine. Cela n'empêche pas que, pour certaines maladies, le milieu, au sens général, soit sans aucun doute un facteur de grande importance. Et cela n'implique pas, non plus, qu'il ne faille s'efforcer de mesurer, dans chaque cas, l'influence relative précise de la constitution ou de l'hérédité et celle du milieu dans l'histoire naturelle des maladies particulières. C'est justement l'un des problèmes les plus pressants et les plus difficiles de la science médicale.

§ 5. — Géographie et Colonisation

La valeur économique de l'Alsace et de la Lorraine. V. Les chemins de fer [1]. — L'Alsace

1. Voir nos précédentes notes sur la population, l'agriculture, les forêts et les mines, les industries, dans la *Rev. gén. des Sciences* des 15 et 30 mai, 15 et 30 juin 1920.

a construit de bonne heure ses premiers chemins de fer la ligne de Mulhouse à Thann date de 1837, et celle de Strasbourg à Bâle a été établie de 1839 à 1841. En 1871, 760 kilomètres de lignes furent cédés à l'Allemagne ; elle en fit un réseau autonome très prospère, qui comptait au moment de l'armistice, en 1918, 1.921 kilomètres, dont 1.393 de lignes principales, le tout estimé 879 millions de marks. Metz et Strasbourg en sont les deux grands centres, Strasbourg, qui fut toujours une « ville de routes », et qui était avant la guerre le croisement de quatre grandes lignes internationales : l'Express-Orient, de Paris à Constantinople, par Nancy et le col de Saverne ; le Riviera Express, de Berlin, Hambourg, vers Lyon et Marseille ; la ligne du Rhin, depuis la Hollande, par Cologne, sur Bâle, le Gothard ou le Simplon ; la ligne d'Ostende et de l'Angleterre, par Luxembourg, sur Constance, le Brenner, Venise et Trieste.

Quatre lignes françaises pénétraient en Lorraine et deux seulement en Alsace. L'Allemagne n'avait pas d'intérêt à faciliter la percée des Vosges [1], mais elle avait pénétré leurs vallées par tout un réseau de lignes stratégiques dont nous devons profiter aujourd'hui, en réunissant les plus importantes à nos voies qui avancent sur l'autre versant. Deux de ces percées viennent d'être retenues et approuvées par les Chambres (loi du 28 mars 1920). Ce sont, en effet, les plus urgentes.

C'est d'abord le tronçon de St-Maurice à Wesserling, complétant la ligne d'Epinal à Mulhouse, qui établira des relations directes entre les centres industriels de la vallée de la Moselle et Mulhouse, et pourra être utilisé sur le grand parcours Anvers-Milan. Il sera à double voie, avec un bon profil et une déclivité maxima de 10 mm. Le gain sera de 52 kilomètres entre Epinal et Mulhouse.

Le second tronçon, qui va être construit de St-Dié à Saales, complétera la ligne d'Epinal à Strasbourg ; il sera à voie unique, mais la double voie sera prévue dans l'acquisition des terrains. La troisième percée à prévoir réunira probablement St-Dié à Ste-Marie-aux-Mines et à Sélestat.

D'autre part, les voies ferrées qui nous reliaient avant la guerre à la Lorraine et à la Sarre sont actuellement insuffisantes pour satisfaire à l'augmentation de trafic qui va résulter de la réannexion et du mouvement des charbons de la Sarre et de la Ruhr. Certains tronçons vont être quadruplés : Nançois à Lérouville, Frouard à Pagny, Novéant à Metz ; un raccordement direct, partant de Frouard, permettra aux trains d'aller sans rebroussement de Paris à Metz, et inversement ; la ligne de ceinture de Nancy sera doublée. Le projet de loi, récemment déposé devant les Chambres, prévoit, en outre, la construction de deux lignes : 1° celle, à double voie, de Lérouville à Metz, par Thiaucourt (34 kilom.), qui réduira le parcours Paris-Metz de 35 kilom. ; 2° la ligne, à double voie, de Pont-Saint-Vincent à Blainville (24 kilom.), qui raccourcira de 8 kilom. la distance de Paris à Strasbourg. Le projet prévoit également en deuxième urgence une troisième ligne, à double voie, reliant la ligne de Nancy à Frouard à la ligne de Metz, en un point situé entre Metz et Benestroff. Enfin, vont être également réalisés l'amélioration et le développement des voies navigables, que nous avons exposés dans des notes précédentes [2].

Pierre Clerget,
Directeur de l'Ecole supérieure de Commerce de Lyon.

1. Cf. Pierre Clerget : Un nouveau percement des Vosges. *Revue générale des Sciences*, 30 septembre 1910. — A. Trautweiler : La percée des Vosges. *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, n° 6, juin-juillet 1912.

2. Cf. Pierre Clerget : Le V° Congrès de navigation intérieure. La navigation rhénane. Le trafic du Rhin et le port de Strasbourg. *Revue générale des Sciences*, 30 novembre, 15 et 30 décembre 1919.

LA TREMPE ET LE REVENU DES PRODUITS MÉTALLURGIQUES

PREMIÈRE PARTIE : EFFETS ET CONDITIONS DE LA TREMPE

I. — Avant-propos

Les *traitements thermiques des produits métallurgiques* sont les traitements qui leur confèrent des propriétés déterminées par l'action d'un chauffage précis suivi d'un refroidissement à vitesse convenable. Ces traitements, dans lesquels l'influence de la température est prédominante, font l'objet de préoccupations quotidiennes chez tous les industriels qui produisent ou utilisent le métal; ils concourent, en effet, dans un très grand nombre de fabrications, à donner aux produits métallurgiques leur valeur définitive, et, dans les applications les plus difficultueuses, seuls les traitements thermiques permettent d'atteindre le but visé.

Parmi ces traitements, la *trempe* et le *revenu* sont les plus délicats; ils exigent une précision toute particulière; le *recuit*, au contraire, réclame généralement moins de précautions. La *trempe* a fait l'objet de recherches théoriques d'une importance considérable; la théorie des phénomènes qui la caractérisent a donné lieu, il y a plus de vingt ans, à de longues discussions qui ont été résumées, ici même, en 1897 par M. Henry Le Chatelier[1].

Mais, depuis cette époque, la question a pris un plus grand développement, tant au point de vue purement scientifique qu'au point de vue technique : d'une part, les industries récentes, spécialement celles de l'automobilisme et de l'aéronautique, ont montré des exigences qui n'ont pu être satisfaites que par le développement des traitements thermiques et leurs applications judicieuses à des aciers spéciaux, jusque-là réservés à l'armement; d'autre part, les études de laboratoire ont permis de généraliser les phénomènes connus depuis la plus haute antiquité pour l'acier, peut-être même pour les bronzes, et ont apporté une clarté toute nouvelle aux théories de la trempe.

Le moment paraît donc bien choisi pour résumer, dans cette revue, qui a si souvent contribué à répandre dans l'industrie les idées théoriques, ces deux questions étroitement liées de la *trempe* et du *revenu* : elles constituent assurément l'un des meilleurs exemples que l'on puisse donner de l'intérêt que présentent pour l'industrie les recherches de laboratoire.

1. *Revue gén. des Sciences*, 15 janvier 1897.

Dans cet exposé, après avoir rappelé les définitions mêmes, nous décrirons les phénomènes observés, les faits que nul ne peut contester; nous en déduirons les théories de la *trempe* et du *revenu*, nous souvenant toutefois que les faits demeurent, tandis que les théories peuvent succomber.

II. — Rappel des définitions. — Historique

La *trempe* est une opération qui consiste à porter un produit métallurgique à une température élevée (très variable avec l'alliage considéré) et à le refroidir brusquement par immersion dans un bain liquide ou gazeux, parfois même dans un milieu solide qui fond en contact avec le métal chaud (trempe au suif, à la colophane, etc.).

La *trempe* a toujours pour but de produire une modification dans les propriétés mécaniques (ici la variation ne correspond pas toujours à une augmentation de dureté), la résistance électrique, etc.

Le *revenu* est une opération qui consiste à porter un produit métallurgique trempé à une température inférieure à celle de trempe.

Le *revenu* a généralement pour but de détruire partiellement l'effet de la trempe.

Ces traitements, ou du moins la trempe, ont été utilisés dès les temps les plus anciens, assurément dès le début de la sidérurgie. La mythologie affirme que les Cyclopes la pratiquaient[1]; d'ailleurs l'influence de certains facteurs était connue, spécialement celle du liquide de trempe : Pline précise[2] que les petites pièces, trop fragiles pour être trempées à l'eau, le sont dans l'huile; certaines localités ont acquis, dès cette époque, une juste renommée par suite d'eau donnant une trempe régulière et convenable.

Notons, enfin, que Shakespeare a nettement indiqué que l'épée d'Othello a été trempée dans les ruisseaux glacés :

It is a sword of Spain, the ice brook's temper

Et cependant nous verrons que des études toutes récentes ont seules permis de préciser les questions de vitesse de refroidissement et de son influence.

L'étude scientifique des phénomènes de trempe n'a commencé qu'en 1868 avec les recherches de

1. Virgile, *Géorgiques*, livre IV, p. 173.
2. Pline, xxxiv, p. 41.

Tschernoff et surtout vers 1885 avec les travaux d'Osmond et de M. Werth faits au laboratoire des usines du Creusot.

III. — Les phénomènes observés

Les principaux phénomènes que l'on observe dans la *trempe* sont les suivants :

a) des modifications parfois très importantes dans les propriétés mécaniques;

b) et aussi dans d'autres propriétés physiques, notamment la densité, la résistivité;

c) des modifications profondes dans les propriétés chimiques;

d) la nécessité, pour obtenir ces modifications, de porter le métal, avant refroidissement, à une température supérieure à une valeur déterminée et de le refroidir avec une vitesse suffisante;

e) d'où, d'une part, une relation extrêmement étroite entre la théorie des alliages et les phénomènes de trempe;

f) et, d'autre part, une influence très marquée de la vitesse de refroidissement sur les changements apportés dans les propriétés;

g) des relations entre cette vitesse de refroidissement et les structures du produit trempé;

h) ainsi que sur certains phénomènes, notamment la position des points de transformation;

i) la création de tensions à l'intérieur du métal brusquement refroidi.

Les principaux phénomènes que l'on observe dans le *revenu* sont :

a) une augmentation de dureté, du moins au début de tout revenu;

b) puis un retour, d'ailleurs non régulier et non progressif, vers les propriétés mécaniques du métal recuit;

c) des transformations d'ordres chimique et physique;

d) une diminution progressive des tensions internes.

Il nous faut étudier successivement ces phénomènes en cherchant à les chiffrer par des exemples.

Nous examinerons séparément la trempe et le revenu.

IV. — Modifications apportées par trempe dans les propriétés mécaniques

Nul n'ignore qu'un acier à outil est considérablement durci par trempe et que seul ce traitement lui donne les qualités requises pour le travail. Telle est la première observation connue des phénomènes de trempe.

Cependant l'étude systématique des modifications que la trempe apporte dans les propriétés mécaniques est relativement récente, et, contrairement à ce que l'on pense, ce traitement ne se traduit pas toujours par une augmentation de dureté. M. Charpy, le premier, a publié un ensemble de résultats relatifs aux aciers dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale* en 1895 et précisé l'influence considérable de la composition du métal.

On sait que les essais mécaniques permettent de déterminer une série de valeurs, dont les unes entrent dans les calculs de résistance des matériaux et les autres permettent de choisir les produits métallurgiques par comparaison. Il nous paraît indispensable de rappeler les principaux résultats des essais mécaniques :

1° Dans l'*essai de traction*, on détermine :

R, la *charge de rupture par millimètre carré de section*, qui est la charge maximum que peut supporter, par mm² de section, le métal sans se rompre;

E, la *limite élastique par millimètre carré de section*, qui est la charge maximum que peut supporter, par mm² de section, le métal sans éprouver de déformations permanentes, c'est-à-dire de déformations qui persistent alors que l'effort cesse;

A %, les allongements présentés par l'éprouvette rompue, rapportés à une longueur de 100; ils sont définis par la relation :

$$A\ \% = [(L-l)/l] \times 100,$$

l étant la longueur initiale du corps de l'éprouvette, L la longueur de cette même partie après rupture;

Σ, la striction donnée par la relation :

$$\Sigma = [(S-s)/s] \times 100,$$

S étant la section initiale, s la plus petite section après rupture;

Enfin μ, le module d'élasticité défini par le rapport de la charge à l'allongement produit, la détermination n'ayant lieu évidemment que dans la période des allongements élastiques.

2° Dans l'*essai de flexion par choc*, on obtient:

la résilience, ρ, qui est le nombre de kilogrammètres consommés pour rompre une éprouvette de forme et d'entaille déterminée dans des conditions précises, ce nombre étant rapporté au cm² de section pleine;

à la valeur de la résilience on joint généralement l'angle de rupture α, c'est-à-dire l'angle que forment les deux parties de l'éprouvette rompue, lorsqu'on les rapproche.

3° Dans l'*essai de dureté à la bille*, on détermine :

le chiffre de Brinell Δ : on imprime dans le métal, sous un effort déterminé (souvent 3.000 kg.), une bille en acier extra-dur de diamètre connu

(généralement 10 mm.) ; il s'ensuit la formation d'une calotte sphérique dont la surface a est aisée à connaître, en déterminant le diamètre d de l'empreinte dans le plan d'affleurement. Le chiffre de Brinell Δ est défini par la relation :

$$\Delta = P/a,$$

P étant l'effort exercé.

Il est peut-être bon de rappeler ici les chiffres maxima sur lesquels l'industrie peut compter :

On obtient R = 220 à 250 kg. avec les fils en acier dur trempé et écroui (simultanément les A % sont sensiblement nuls) ;

R = 170 à 190 kg. avec les aciers nickel-chrome (en même temps A % = 8 — 10; ρ = 6 — 8 kgm.).

Les aciers à haute teneur en nickel fournissent 60 (et même 100 %) d'allongements ; leur résilience dépasse 30 kgm. sur éprouvette de section de 10 × 10 mm. avec entaille de 2 × 2 à fond rond.

Le chiffre de Brinell devient difficile à lire avec précision lorsqu'il dépasse 600 (acier dur trempé).

Actuellement, on obtient des alliages de cuivre donnant jusqu'à 60 et même 80 kg. de charge de rupture ; certains fournissent simultanément 50 à 60 kg. de charge de rupture et 50 à 40 % d'allongements.

Ces définitions rappelées, précisons les changements apportés par trempe dans les propriétés mécaniques des produits métallurgiques.

On serait tenté de résumer les effets de la trempe, en disant que ce traitement :

1° augmente : R, E et Δ ;

2° diminue : A %, Σ et ρ.

Cela est sensiblement vrai pour les aciers ordinaires, en notant toutefois que l'effet de la trempe est essentiellement variable avec la composition et dépend avant tout de la teneur en carbone.

Pour résumer cette influence sur les aciers ordinaires, nous avons tracé, d'une part, trois courbes donnant la variation de la dureté (chiffre de Brinell), en fonction : 1° de la teneur en carbone ; 2° du traitement, le métal étant considéré soit à l'état recuit, soit à l'état trempé à l'eau, soit enfin à l'état trempé (à l'eau) et revenu à 400° (fig. 1) ; et d'autre part deux courbes donnant la variation de la charge de rupture des aciers recuits et des aciers trempés à l'eau (fig. 2).

Toutefois on doit bien noter que, pour des aciers à teneur en carbone un peu élevée (C > 0,5 % environ), les résultats de l'essai de traction sur métal trempé et non revenu sont incertains, par suite de déformations des éprouvettes et de flexions intempestives.

Dans les essais qui ont servi à tracer ces courbes, la température de trempe a toujours été choisie pour obtenir le maximum d'effet.

En général, on note que la trempe abaisse légèrement le module d'élasticité.

On peut conclure :

à l'influence très importante de la composition du métal ;

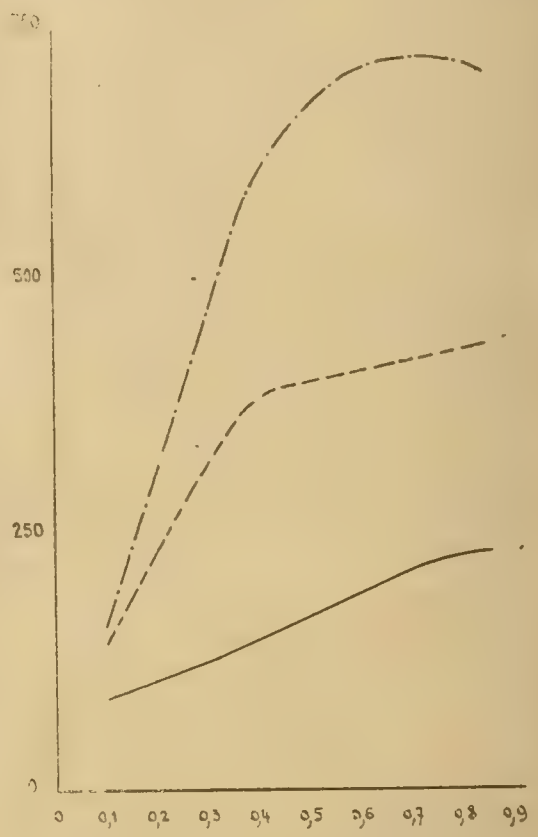


Fig. 1. — *Dureté des aciers au carbone après recuit, trempe à l'eau et revenu à 400° en fonction de la teneur en C pour cent.*

——— recuit ; — · — trempé à l'eau ; — — — revenu.

à une variation dans un sens bien net des propriétés mécaniques, au fur et à mesure que croît la teneur en carbone.

Mais ce sens de variation est-il toujours le même, quand on trempe un alliage ? Nullement.

Avant tout, notons que la trempe est essentiellement un traitement d'homogénéisation — surtout sur pièces de faible dimension. Ainsi avons-nous montré en 1902 [1] qu'une barre d'acier de cémentation brute de forgeage donnait de 0 à 36 kilogrammètres, et qu'après trempe à 1.050° dans l'eau, on obtenait 27 à 36 kgm. [2]

1. Communication à la Section Française de l'Association des Méthodes d'essais des matériaux de construction, 26 décembre 1902.

2. Il s'agissait ici d'éprouvettes Frémont de 8 × 8 avec entailles de 1 × 1.

On connaît de nombreux produits métallurgiques qui sont adoucis par trempe ; mais il s'agit ici d'effets différents de ceux obtenus par un autre traitement, notamment par recuit.

Les aciers à moyenne et à haute teneur en nickel ou en manganèse voient leurs propriétés atteintes différemment par trempe.

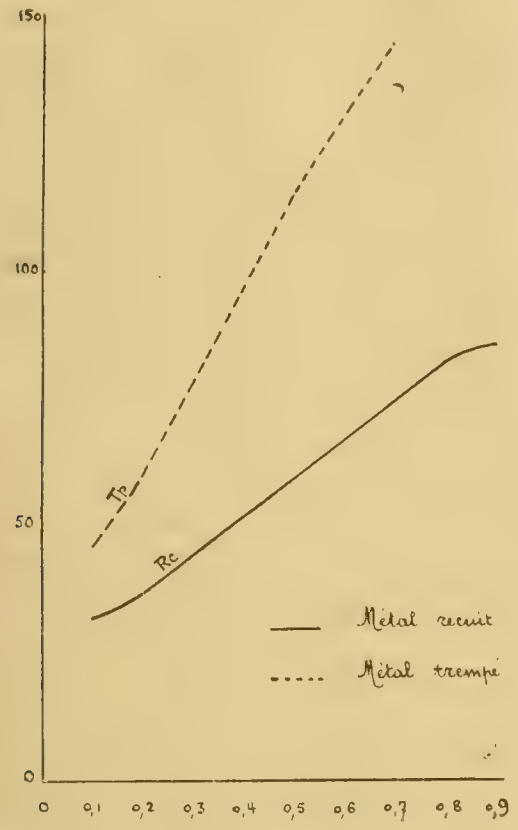


Fig. 2. — *Variations de la résistance des aciers au carbone en fonction de la teneur en C pour cent.*

Voici deux exemples, pris sur deux aciers : A, à 0,176 % de C et 20,4 % de Ni, et B, à 0,810 % de C et 29,9 % de Ni :

A l'état recuit

	R	E	A o/o	Σ	ρ	Δ
A.....	119,7	82,7	15,0	2,4	1	318
B.....	79,7	48,1	32,5	50,0	40	174

A l'état trempé

	R	E	A o/o	Σ	ρ	Δ
A.....	114,0	89,4	5	31,2	1	278
B.....	73,5	36,2	25	24,8	30	153

Il y a quelques années, alors que les aciers à 32 % de Ni et 0,300 % de C étaient utilisés dans la fabrication des soupapes de moteurs à explosion, on les trempait souvent à 1.000° pour les travailler plus aisément.

Mais il y a mieux : nous avons signalé, dans l'étude systématique que nous avons faite des aciers spéciaux, des produits qui, de par leur composition chimique, sont de véritables aciers et qui, cependant, ne voient pas changer leurs propriétés mécaniques par trempe, quelles que soient les conditions dans lesquelles cette opération est faite.

En voici quelques exemples :

1° *Acier au vanadium :*

C = 0,13 o/o ; Va = 7,3 o/o

A l'état recuit : R = 43,8 ; A o/o = 30 ; ρ = 2
A l'état trempé : R = 42,5 ; A o/o = 30 ; ρ = 3

2° *Acier à l'aluminium :*

C = 0,083 o/o ; Al = 7,2 o/o ;

A l'état recuit : R = 46,1 ; A o/o = 2 ; ρ = 0
A l'état trempé : R = 45,3 ; A o/o = 0 ; ρ = 0

3° *Acier au silicium :*

C = 0,277 ; Si = 5,120 o/o :

A l'état recuit : R = 61,7 ; A o/o = 0 ; ρ = 0
A l'état trempé : R = 62,7 ; A o/o = 0 ; ρ = 0

Parmi les alliages de cuivre, certains bronzes voient augmenter les allongements par trempe :

L'alliage Cu = 91, Sn = 9 donne :

coulé et non trempé : R = 25,4 ; A o/o = 16,5 ;
trempé à 800° : R = 20,7 ; A o/o = 30.

L'alliage Cu = 87, Sn = 13 donne :

coulé et non trempé : R = 24,1 ; A o o = 3 ;
trempé à 750° : R = 30,5 ; A o o = 19.

L'alliage Cu = 84, Sn = 16 donne :

coulé et non trempé : R = 25 ; A o/o = 1,4 ;
trempé à 550° : R = 40,1 ; A o/o = 5,9.

Sans doute, pour certains de ces alliages très fragiles, l'essai de traction sur le métal brut est-il erroné, par suite de rupture prématurée.

On a les mêmes résultats avec certains bronzes d'aluminium : ainsi l'alliage Cu = 93,1 ; Al = 6,8, donne :

non trempé : R = 24,7 ; A o/o = 49 ;
trempé : R = 27,8 ; A o/o = 66.

Enfin certains alliages d'aluminium, qui présentent — nous le verrons — un très grand intérêt industriel, sont légèrement adoucis par simple trempe ; ainsi l'alliage : Al = 93,90 ; Cu = 3,70 ; Mg = 0,43 ; Mn = 0,71 ; Fe = 0,53 ; Zn = 0,25 ; Si = 0,58 donne :

laminé, recuit et non trempé : R = 27 à 30 ; A o/o = 22 à 20 ;
et après trempe..... : R = 25 à 29 ; A o/o = 23 à 22.

Il faut bien noter cependant que divers bronzes d'aluminium, divers laitons et bronzes ordinaires, sont durcis par trempe. Voici l'exemple le plus typique donné par l'alliage : Cu = 89,1 ; Al = 10,1 :

A l'état non trempé : R = 24,9 ; A o/o = 20 ;
Trempé à 850° : R = 35,3 ; A o/o = 5.

De tout cela il faut spécialement retenir que l'effet de la trempe varie avec l'alliage considéré

et que, si la notion la plus répandue est celle d'un effet de durcissement, cela provient uniquement de ce que ce traitement est spécialement appliqué jusqu'à maintenant aux aciers ordinaires et spéciaux dans lesquels la trempe produit bien une augmentation de charge de rupture et une diminution des allongements.

V. — Modifications apportées par trempe dans les propriétés physiques

L'étude de ces modifications n'a guère été poussée que pour les produits sidérurgiques.

En voici les principales conclusions :

1° *Densité.* — La trempe produit une augmentation de volume.

Voici les résultats les plus récents dus à Mac Cance [1] :

Teneur en carbone	Variation du volume spécifique $\times 10^{-4}$
—	—
0,49	8,3
0,69	10,6
0,86	14,4
1,18	17,2

M. Chévenard nous a fait remarquer que les variations de volume spécifique indiquées par Mac Cance paraissent bien faibles. La trempe augmente, en effet, de *plusieurs millièmes* la longueur d'une baguette d'acier; et, bien que le changement de dimensions d'un bloc trempé soit très loin d'être le même dans toutes les directions, on s'attend à des variations de volume de plusieurs 10^{-3}. D'ailleurs, cet accroissement de volume dépend de la pénétration de la trempe et, par suite, varie beaucoup suivant les dimensions absolues de l'échantillon.

Dans le diagramme de la figure 3 due à M. Chevenard, les deux courbes marquées « Dilatation » expriment, en fonction de la teneur en C, la diminution relative de longueur qui résulte du revenu (à 700°) après trempe. Les points marqués o et • correspondent respectivement à des échantillons de 5 mm. et de 3,5 mm. de diamètre et dont la longueur est uniformément 50 mm. Les deux courbes, d'abord nettement séparées, se rejoignent au voisinage de 0,6 % de carbone; leur divergence aux faibles teneurs en carbone paraît bien tenir à la moindre pénétration de la trempe dans les baguettes de plus gros diamètre.

La troisième courbe, notée « Densité », traduit les changements de volume spécifique d'échantillons cylindriques de 25 mm. de longueur et 19 mm. de diamètre. L'allure de cette courbe est bien identique à celle des précédentes; mais la variation relative du volume spécifique des cylindres est nettement inférieure au triple de la variation relative de longueur des baguettes; en outre, le rapport $\left(\frac{\delta V}{V_0} : \frac{\delta L}{L_0}\right)$ décroît en même temps que la teneur en carbone, c'est-à-dire en même temps que la pénétration de la trempe.

Les $\frac{\delta V}{V_0}$ obtenus par M. Chévenard sont très supérieurs à ceux donnés par M. Mac Cance. Ainsi l'acier à 0,85 % de carbone a donné :

Au laboratoire des aciéries d'Imphy : $7{,}2 \times 10^{-3}$.
Dans les essais de M. Mac Cance : $17{,}2 \times 10^{-4}$.

2° *Résistivité.* — La résistance électrique augmente aussi par trempe.

Le même travail de Mac Cance donne les résultats suivants :

Teneur en carbone	Augmentation maxim. de résistivité
—	—
0,49	10 microhms par centim. cube
0,69	13 — — —
0,86	20 — — —

D'autre part, M. Portevin [1] a montré que la résistivité de certains bronzes et de certains laitons est accrue par trempe.

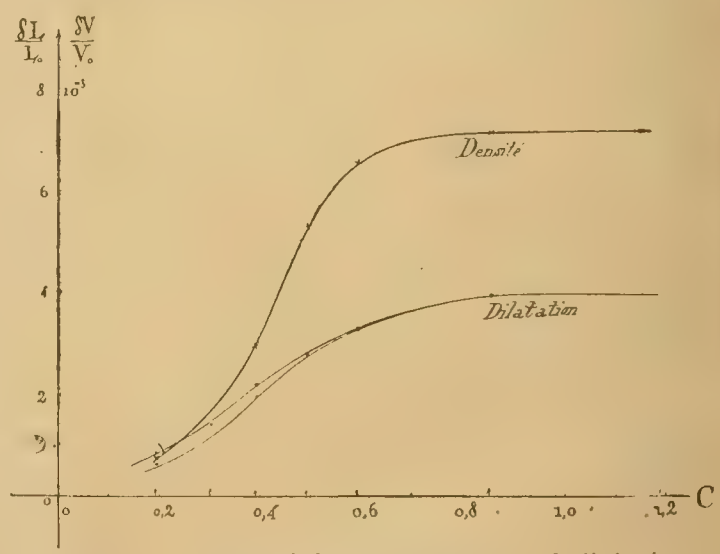


Fig. 3. — *Influence de la teneur en carbone sur la diminution relative de longueur ou de densité due à un revenu à 800° après trempe.*

3° *Magnétisme.* — La trempe apporte une perte dans l'intensité magnétique des aciers. Mac Cance [1] donne les chiffres suivants :

Teneur en carbone	Perte d'intensité magnétique
—	—
0,69	6,3 o/o
0,86	9,4 o/o
1,18	17,0 o/o

La perte est donc d'autant plus accusée que la teneur en carbone est plus forte.

1. *Journal of the Iron and Steel Institute*, t. LXXXIX, p. 192; 1914, et *Revue de Métallurgie*, Mémoires, p. 527; 1915.

1. *Comptes rendus*, t. CCCLV, p. 460; 19 août 1912.

4° *Sonorité.* — La sonorité des aciers est nettement diminuée par trempe ; la durée de perceptibilité de la note émise est considérablement diminuée.

F. Robin [1], dans un intéressant travail sur la sonorité envisagée à un point de vue général, démontre que la trempe abaisse la sonorité d'une façon très sensible et que le maximum de diminution correspond au maximum de dureté.

Mac Cance [2] a noté que, pour un acier à 0,69 % de carbone, la durée de résonance passe par trempe de 40,5 secondes à 6,5 secondes.

La sonorité des aciers est en relation évidente avec le frottement interne et M. Chévenard a fait sur ce point des essais encore non publiés ; ils sont résumés dans la figure 4, laquelle montre comment la trempe affecte cette propriété.

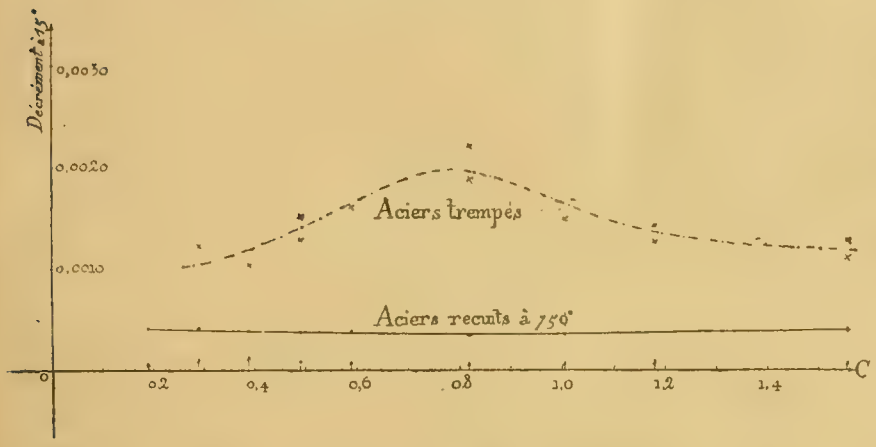


Fig. 4. — *Influence de la trempe sur le frottement interne des aciers en fonction de la teneur en carbone.*

Un fil d'acier est trempé par refroidissement brusque dans l'hydrogène et essayé au pendule de torsion à la température ordinaire (valeur moyenne 15°). L'amortissement des oscillations est caractérisé par le *décrément logarithmique*, c'est-à-dire la diminution relative de l'amplitude pendant une période.

Le décrément des aciers recuits est très faible et sensiblement indépendant de la teneur en carbone. La trempe en augmente considérablement la valeur.

La courbe relative aux aciers trempés présente un maximum dont la position paraît coïncider avec la teneur de l'eutectoïde.

L'augmentation du décrément qui résulte de la trempe est d'autant plus notable que la température de chauffe est plus élevée (ce résultat explique les écarts des points expérimentaux par rapport à la courbe moyenne). Notons bien ce fait que nous pourrons expliquer plus loin, lorsque nous aurons parlé de constituants de trempe, par la présence de l'austénite dans l'acier trempé. Nous remarquerons aussi de suite qu'un revenu à 400° ramène sensiblement le décrément à la valeur qu'il a dans le métal recuit.

VI. — Modifications apportées par trempe dans les propriétés chimiques

Ces modifications n'ont été constatées d'une façon précise que pour les aciers : en 1880, Hogg a montré qu'un acier trempé attaqué par l'acide azotique de concentration moyenne donne une coloration beaucoup moins intense qu'un acier recuit traité de la même façon. Le carbone se trouve donc dans les aciers trempés sous un état spécial qu'avait déjà entrevu Faraday, puis Caron [1], et qu'Osmond et M. Werth [2] ainsi que M. Adolphe Carnot [3] ont ensuite étudié d'une façon plus précise.

On sait d'autre part que les aciers trempés sont plus résistants que les aciers recuits à l'action de nombreux réactifs, notamment de l'acide sulfurique à 10 % (attaque faite pour la macrographie). Deux de nos collaborateurs, MM. Galibourg et Ballay [4], viennent de montrer que l'attaque par le réactif de Stead-Le Chatelier-Dupuy (alcool éthylique à 95° : 100 cm³ ; H^2O : 10 cm³ ; HCl : 1 cm³ ; $CuCl^2$, $2H^2O$: 1 gr. ; acide picrique : 0,5 gr.) donne un dépôt de cuivre se formant beaucoup plus lentement dans le cas d'un acier trempé que d'un acier recuit.

VII. — Nécessité pour obtenir la trempe de porter le métal a une température définie et de le refroidir avec une vitesse suffisante

§ 1. — Influence de la température de trempe

Le premier, Tchernoff [5] a montré, en 1869, qu'un acier, pour prendre la trempe, devait être porté à une température définie.

1. *Revue de Métallurgie*, Mémoires, p. 446 ; 1912.
2. *Journal of the Iron and Steel Institute*, t. LXXXIX, p. 192 ; 1914, et *Revue de Métallurgie*, Mémoires, p. 527 ; 1915.

1. *Comptes rendus*, t. LVI, p. 43 et 211.
2. *Annales des Mines*, juillet-août 1885.
3. Expérience citée dans le mémoire d'Osmond et de M. Werth.
4. *Revue de Métallurgie*, Mémoires ; avril 1920.
5. *Revue univ. des Mines et de la Métallurgie*, 1er semestre 1880, VII, p. 192.

En 1885, dans leur mémoire d'importance capitale, sur *la théorie cellulaire des aciers*, Osmond et Werth[1] esquissent la relation qui existe entre les différents états du fer et du carbone et l'état de trempe; faisant allusion au point de Tchernoff, les auteurs disent: « Pour nous, ce point est la température où la dissociation du carbure de fer a acquis une tension suffisante pour se manifester par des effets physiques. »

Osmond[2] précise ensuite l'existence des transformations allotropiques du fer et l'influence du carbone sur la position des points de transformation. M. Henry Le Chatelier utilise en 1890 la résistance électrique pour confirmer ces transformations.

En 1893, Osmond[3] publie son mémoire classique traitant de la constitution des aciers et notamment de l'influence de la trempe sur cette constitution. Il montre — nous reviendrons plus loin sur ce point — les relations qui existent entre la structure obtenue par trempe, la température de chauffage et la vitesse de refroidissement.

La même année, M. Charpy donne les résultats de ses recherches poursuivies au Laboratoire Central de la Marine, sur les propriétés de l'acier trempé.

Cette étude montre que les transformations apportées dans les propriétés mécaniques se font sentir lorsque l'on atteint, au moment de l'immersion, une température minimum, bien déterminée.

Voici (fig. 5 et 6) quelques courbes extraites de ce mémoire; les aciers dont il s'agit portent des numéros correspondant aux compositions suivantes :

	C	Si	P	S	Mn
	—	—	—	—	—
N° 1	0,11	0,16	0,02	0,04	0,70
N° 2	0,27	0,20	0,02	0,03	0,35
N° 3	0,45	0,15	0,01	0,03	0,30
N° 4	0,63	0,24	0,02	0,02	0,35

Des variations non moins brusques se font sentir dans d'autres propriétés; certains travaux récents les ont bien fait ressortir.

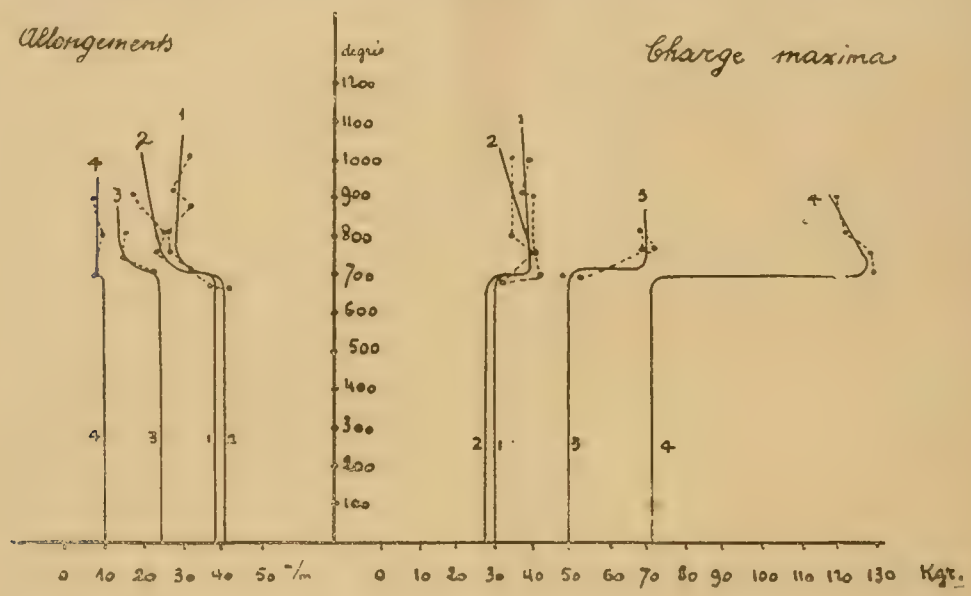


Fig. 5 et 6. — *Variations des propriétés mécaniques des aciers suivant la température de la trempe.*

Les figures 7 à 9 reproduisent quelques courbes empruntées au travail de M. Mac Cance[2]. Elles donnent les variations de différentes propriétés en fonction de la température de trempe pour des aciers déterminés, tous les autres facteurs restant constants. Sur l'axe *oy* on a porté les valeurs de la propriété considérée; sur l'axe *ox*, les températures de trempe.

Voici la composition des différents aciers utilisés, avec les numéros que l'on retrouvera sur les figures :

Numéros	C o/o	Si o/o	Mn o/o	S o/o	P o/o
—	—	—	—	—	—
1	0,35	0,113	0,385	0,047	0,043
2	0,49	0,094	1,111	0,047	0,052
3	0,69	0,113	0,121	0,033	0,011
4	0.86	0,056	0,070	0,019	0,011
5	1,18	0,094	0,050	0,022	0,008

On note que, pour des températures déterminées, la dureté et le volume spécifique croissent

1. *Annales des Mines*, juillet-août 1885.
2. *Mémorial de l'Artillerie de Marine*, 1888.
3. *Bull. de la Soc. d'Encourag. pour l'Industrie nationale*, mai 1895, et Contribution à l'Etude des alliages, publiée par la même Société en 1901.

1. *Bull. de la Soc. d'Encourag. pour l'Industrie nat.*, 1895.
2. *Loc. cit.*

rapidement, la résistance électrique plus nettement encore, tandis que la sonorité diminue singulièrement (ici l'essai n'a porté que sur l'acier n° 3 à 0,69 % de carbone).

des. Nous extrayons des très nombreux résultats donnés les chiffres les plus marquants :

TABLEAU I. — **Variation de la température des échantillons d'acier avec le temps d'immersion**

TEMPS EN SECONDES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	30	40	50
Températures obtenues avec Eau pure à 20°	770	760	700	565	425	325	210	150	100	75	50	—	—	—	—	—	—	—	—
Eau salée saturée	800	790	740	610	480	550	240	160	110	85	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mercure	850	840	825	775	715	650	530	516	165	15	365	320	210	165	100	100	—	—	—
Huile de colza	860	—	—	—	—	700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	190	160	120	100

§ 2. — Influence de la vitesse de refroidissement

Il paraît nécessaire d'insister longuement sur l'influence de la vitesse de refroidissement sur les propriétés après trempe.

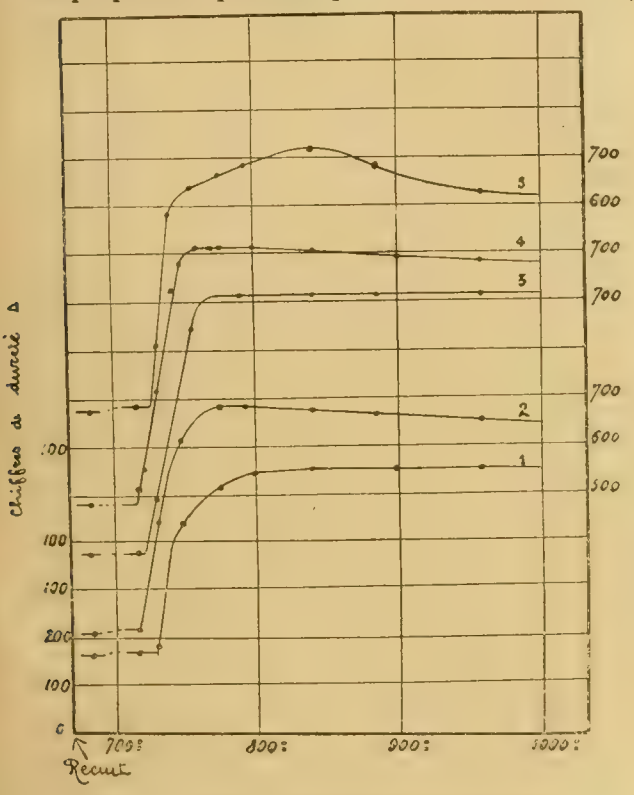


Fig. 7. — *Courbes de dureté d'aciers au carbone.*

Les Anciens, nous l'avons déjà noté, avaient bien remarqué l'influence du milieu de refroidissement sur les résultats de l'opération.

Cependant, la question était restée à l'état de recettes; ce sont des recherches scientifiques datant de fort peu d'années qui ont précisé les lois des variations de la température en fonction du temps.

M. Henry Le Chatelier[1] étudia différents liqui-

1. *Revue de Métallurgie*, Mémoires, 1904, p. 473. Il s'agit de trempe d'échantillons ayant 18 mm. de section.

Voici, d'autre part, le temps nécessaire pour faire passer le métal de 700° à 100° :

Eau pure à 20°	: 6 secondes
Eau salée saturée	: 6'25
Mercure	: 16"
Huile de colza	: 45"

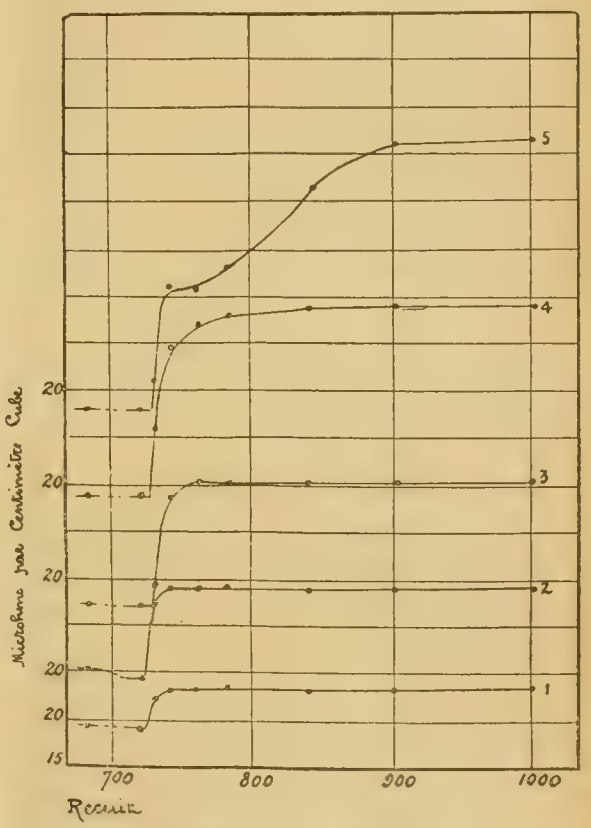


Fig. 8. — *Variations de la résistivité d'aciers au carbone trempés à différentes températures.*

On voit que l'eau salée donne sensiblement les mêmes résultats que l'eau pure, tandis que, contrairement à ce que l'on pense souvent, le mercure donne une vitesse de refroidissement moindre que l'eau. Cela provient de la faible chaleur spécifique de ce métal.

Lejeune[1] reprit la question à certains autres points de vue; il montra notamment, à l'aide des mélanges d'eau et de glycérine, que les variations de la durée du refroidissement avaient la même

1. *Revue de Métallurgie*, Mémoires, 1905, p. 299.

allure que les variations de viscosité, et que, d'autre part, les points d'ébullition et les chaleurs spécifiques avaient une grande influence.

Voici les principaux résultats obtenus :

Produit utilisé	Viscosité relative à l'eau	Température de chauffage du métal avant trempe	Durée de la chute 700-100° en secondes
—	—	—	—
Eau	1	850°	6"4
Alcool	1,20	820°	21"
Xylol	0,78	740°	13 3
Eau glycérinée à 2 o/o en poids...	1,05		6"5
Eau glycérinée à 10 o/o en poids...	1,13	750°	8"2
Eau glycérinée à 50 o/o			
Eau glycérinée à 20 o/o en poids...	1,33	840°	10"3
en poids...	1,60	810°	11"3
Huile	6	850°	27"5

M. Benedicks[1], utilisant une méthode ingénieuse, retrouva les résultats annoncés par

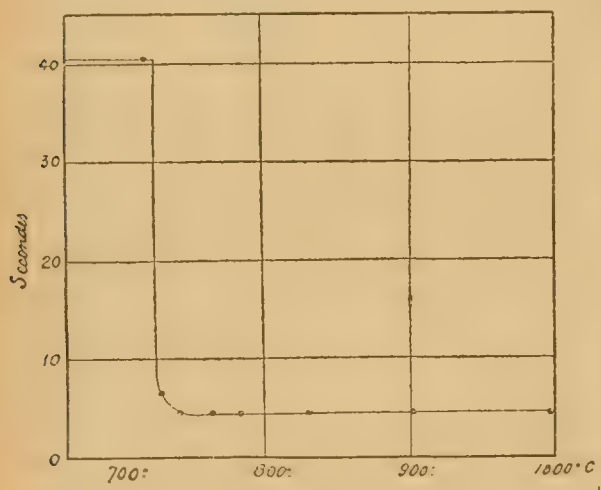


Fig. 9. — *Influence de la trempe sur la sonorité.*

M. Henry Le Chatelier pour le mercure, la solution d'eau salée, et montra que l'alcool méthylique est nettement supérieur à l'eau.

Enfin il établit les conditions que doit remplir un bain de trempe pour donner un refroidissement efficace; elles peuvent se résumer comme suit :

Chaleur latente de vaporisation élevée;

Température du bain assez basse pour que les bulles de vapeur formées à la surface du métal se condensent aisément dans le liquide ambiant.

La chaleur spécifique, la conductibilité calorique, sont des facteurs de très faible importance.

Mais la température du bain de trempe joue un grand rôle et l'on doit chiffrer son influence.

1. *Journal of the Iron and Steel Institute*, 1908, vol. LXXVII. — La méthode consistait à chauffer le métal par un courant électrique.

Les expériences de M. Henry Le Chatelier ont montré la variation de temps nécessaire pour tomber de 700 à 100°, dans un bain d'eau à différentes températures (mêmes échantillons que dans les essais déjà décrits) :

Eau à 20°	6 secondes
Eau à 50°	7,75
Eau à 100°	16

La rapidité du refroidissement décroît à mesure que la température de l'eau s'élève et la décroissance est beaucoup plus rapide quand on approche de 100° qu'au voisinage de la température ordinaire. D'ailleurs, Caron avait indiqué l'intérêt présenté par l'eau bouillante comme bain de trempe douce.

Dans le mémoire déjà cité, Mac Cance a donné un diagramme extrêmement suggestif, dans lequel la dureté est exprimée en fonction de la température de l'eau de trempe. Il s'agit d'un acier à 0,86 de carbone (barreaux de 25 × 25 × 6,25), chauffé avant trempe à 700°. Tant que la température est entre 0 et 20°, on ne note aucune différence de dureté. Au-dessus de 30°, la dureté varie énormément d'un point à l'autre de l'échantillon. Au-delà de 85°, la trempe n'a qu'un effet très faible (fig. 10). On a d'ailleurs noté

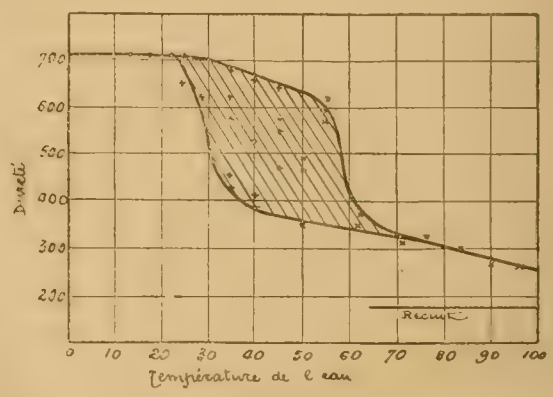


Fig. 10. — *Variation de la dureté d'un acier en fonction de la température de l'eau de trempe.*

qu'à partir de 60°, la vapeur d'eau formée lors de l'immersion de l'échantillon s'échappe en nuages dans l'atmosphère, tandis que, pour une température plus basse, elle est absorbée par l'eau environnante.

En remplaçant l'eau par des solutions salines à 15 % de chlorure de sodium ou de chlorure de calcium, on observe toujours pour certaines températures une chute brusque de dureté, mais le phénomène se passe à une température plus élevée que pour l'eau et la trempe est bien plus uniforme (figure 11).

On peut donc dire, avec Mac Cance, que les solutions salines présentent l'avantage d'être

moins affectées par une variation de température que l'eau. C'est en cela que réside leur supériorité (qui se traduit par une trempe plus régulière) et non dans un refroidissement plus rapide.

Toutefois il est particulièrement intéressant de noter que l'influence de la vitesse de refroidissement est très variable avec le métal : nous

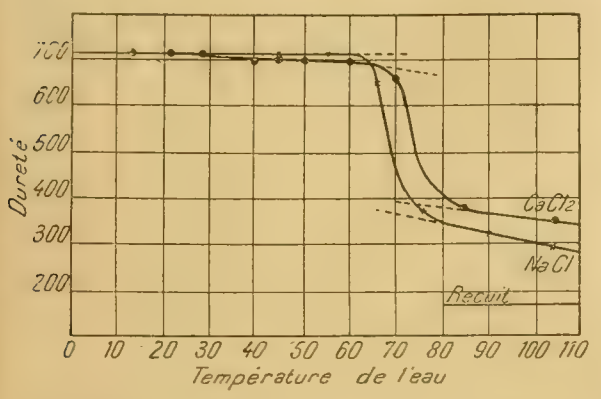


Fig. 11. — *Epreuve de dureté d'aciers trempés dans des solutions salines.*

ne citerons qu'un exemple particulièrement typique et bien connu, appuyé de quelques chiffres :

L'acier à outils ordinaire, trempé à l'air à 750°, ou à toute autre température supérieure, n'accuse qu'une très faible augmentation de dureté ; une vitesse de refroidissement supérieure à celle ainsi obtenue est nécessaire à l'obtention de la dureté ; au contraire, pour les aciers chrome-tungstène, qui constituent les aciers à coupe rapide, il suffit d'un refroidissement à l'air lorsque la température de chauffage est suffisamment élevée pour atteindre les qualités requises par le travail.

Voici les chiffres observés pour : A, acier à outils ordinaire : C = 1,1 ; Mn = 0,25 ; Si = 0,10 ; S = 0,02 ; P = 0,02 ; B, acier chrome-tungstène : C = 0,68 ; Cr = 4,30 ; W = 17,80 ; Va = 0,94 :

	Duretés après :							
	Trempe à l'air avec chauffage à :				Trempe à l'eau à + 20° avec chauffage à :			
Recuit	750	900	1.000	1.200	750	900	1.000	1.200
179	228	335	364	364	228	555	600	477
269	289	522	600	627	206	555	600	627

Ces chiffres montrent bien qu'une même vitesse de refroidissement agit différemment suivant le métal. Des faits précis, exposés ultérieurement, expliqueront ces anomalies.

En résumé, voici deux points nettement établis : les produits métallurgiques, qui voient leurs propriétés mécaniques modifiées par trempe, ne présentent ces variations que si, dans l'opération, le métal se trouve, avant le brusque refroidissement, à une température supérieure à une valeur déterminée, et si la vitesse de refroidissement atteint une valeur assez élevée. Dans un second article, nous examinerons en tous ses détails la première de ces conclusions.

Léon Guillet,

Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers et à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.

LA MICROANALYSE ORGANIQUE QUANTITATIVE[1]

La mesure des micropoids et des microvolumes ne semble pas avoir beaucoup attiré l'attention des chercheurs avant le xxe siècle. A partir de l'année 1900, au contraire, nous voyons apparaître une série d'études qui ont exigé la possession de moyens d'investigation d'une sensibilité inconnue jusqu'alors. Il en est résulté une mise au point d'appareils permettant soit l'estimation de poids très petits, c'est-à-dire de microbalances, soit la mesure de volumes extrêmement faibles, c'est-à-dire de microjauges.

En ce qui concerne les microbalances, il y a lieu de faire ressortir dès maintenant que beaucoup d'entre elles n'ont pas été imaginées en vue de l'analyse de très faibles quantités de matière, mais dans le but d'étudier des phénomènes physiques déterminés, de sorte que le développement de la microanalyse quantitative est à l'origine une conséquence de la possession d'instruments de travail particulièrement précis

I. — Historique

§ 1. — Les microbalances

Nous appellerons « microbalance » toute balance ayant une sensibilité supérieure à 1.10^{-4} gramme. Cette définition paraît nécessaire, car la notion de microbalance est un concept relatif ; à une époque plus ou moins ancienne, en effet, des balances usuelles, donnant le dixième de milligramme de nos jours, ont dû être considérées comme des instruments de haute précision. Nous ne nous intéresserons donc qu'aux balances donnant au moins le centième de milligramme.

La première microbalance semble être celle de Warburg et Ihmori[2], établie en 1886 à l'occasion d'expériences sur le poids et la cause de la pellicule d'eau qui se dépose sur le verre et sur d'autres corps. Sa sensibilité était de 0,1 milligramme pour 30 divisions de son échelle, soit 3.10^{-6} gramme par division. Le poids des pellicules d'eau n'a jamais dépassé 50 divisions. Le fléau, rigide, était constitué par un tube de verre de 1 mm. d'épaisseur et de 8 cm. de longueur.

En 1902, Salvioni[3] établit une balance dans laquelle on observait, grâce à un microscope portant un oculaire micrométrique, les flexions de fils de quartz ou de rubans métalliques très fins et élastiques. Avec un grossissement de 100 et un fil de verre de diamètre circulaire de 1 à 2 dixièmes de mm. et de 10 cm. de longueur, la sensibilité était de 1.10^{-6} gramme pour une charge de 100 milligrammes. Elle permit de mesurer l'évaporation du musc.

Nernst et Riesenfeld[4], en 1903, à l'occasion de mesures de densités de vapeur à très haute température, mirent à leur tour au point une microbalance d'une sensibilité de l'ordre de 2.10^{-5} gramme. Le fléau était constitué par un fil de verre de 30 cm. de longueur et de 0,5 mm. d'épaisseur. A l'une des extrémités du fléau se trouvait une grande aiguille se déplaçant sur une échelle graduée qu'on observait avec une lunette. Cette balance fut modifiée d'abord par Brill[2], qui découvrit la cause de l'inconstance du zéro de la balance de Nernst et y remédia. La sensibilité de la balance de Nernst-Brill était de 4.10^{-6} gramme. Au point de vue physique, la balance de Brill servit à la détermination de la densité des solides qui peuvent être obtenus sous une forme géométrique et dont toutes les dimensions peuvent être mesurées au microscope[3]. Cette microbalance de Nernst subit encore de nouvelles modifications. Donau[4] la reprit légèrement dans le but de permettre la pesée de substances hygroscopiques ; enfin Emich[5] la transforma d'une façon profonde. Il établit deux modèles de sensibilités respectives de 1.10^{-7} gramme et de 3.10^{-7} gramme. Riesenfeld et Moller[6] lui ont donné enfin une sensibilité de $3,3.10^{-8}$ gramme pour une charge maximum de 5.10^{-3} gramme.

En 1909 apparut la balance de Steele et Grant[7], construite au laboratoire de Ramsay, étudiée dans le but d'examiner la relation possible entre l'ionisation produite par les métaux chauffés et la grandeur de l'oxydation superficielle, puis modifiée par Gray et Ramsay[8] pour la mesure du poids moléculaire de l'émanation du radium. Elle fut établie en deux modèles dont les sensibilités respectives étaient de 4.10^{-9} et de 1.10^{-7} gramme ; celle de Gray et Ramsay avait une

1. Conférence faite au laboratoire de M. le Prof. Haller à la Sorbonne le 21 avril 1920.
2. *Ann. d. Ph. und Ch.* (de Wiedemann), t. XXVII, p. 481 (1886).
3. *Il nuovo Cimento* [5], t. III, p. 386.

1. *Ber.*, t. XXXVI, p. 2086 (1903).
2. *Ber.*, t. XXXVIII, p. 140 (1905).
3. *Chem. Soc.* (London), t. XCIII, p. 140 (1908).
4. *Monatshefte f. Ch.*, t. XXXII, p. 1115-1139 (1911).
5. *Monatshefte f. Ch.*, t. XXXVI, p. 407-440 (1915).
6. *Z. f. Elektrochemie*, t. XXI, p. 131-136 (1915).
7. *Proc. Roy. Soc.*, A, t. LXXXII, p. 580 (1909).
8. *Proc. Roy. Soc.*, A, t. LXXXIV, p. 536 (1911).

sensibilité de 2.10^{-9} gramme. Le fléau était constitué par un mince fil de quartz. Toute la balance est contenue dans une cage étanche dans laquelle on peut faire le vide, de façon à rétablir l'équilibre par modification de la pression intérieure agissant sur une sphère de quartz contenant une quantité connue d'air dans des conditions également connues.

M. Urbain[1], en 1912, mit au point une microbalance à compensation électromagnétique destinée à l'étude des systèmes qui dégagent des gaz avec une vitesse sensible. Sa charge maximum était de quelques milligrammes, sa sensibilité de 1.10^{-5} gramme. Elle était construite en fils de verre de 4/100 de mm. de diamètre.

Taylor[2] construisit enfin une microbalance basée sur la méthode du flotteur, qui servit à mesurer des densités de gaz.

Pour terminer, il faut encore citer des microbalances construites non par les opérateurs eux-mêmes, mais par des maisons de commerce : d'abord la balance de torsion de Hartmann et Braun[3], permettant de peser quelques milligrammes avec une précision de 5.10^{-6} gramme; la balance de Kuhlmann[4], d'une sensibilité de 1.10^{-5} gramme pour une charge maximum de 20 grammes, et la balance de Heusser.

§ 2. — Les microjauges

La mesure des microvolumes s'effectue de deux manières, soit en utilisant des microjauges, soit en détendant une très petite quantité de gaz et en mesurant son volume sous une faible pression. Le calcul permet alors d'établir le volume vrai du gaz sous la pression atmosphérique. De même que pour la mesure des micropoids, la détermination des microvolumes a été mise au point à l'occasion de phénomènes étrangers aux opérations habituelles de l'analyse chimique; nous citerons les expériences de MM. Moureu et Lepape sur les gaz rares, de MM. Debierne, Ramsay, Gray, Soddie, Rutherford en radioactivité.

§ 3. — La Microanalyse

La microanalyse qualitative a de beaucoup précédé la microanalyse quantitative. Les réactions colorées semblent avoir été la première manifestation de la recherche et ensuite de l'estimation d'une quantité extrêmement faible de matière.

Une deuxième forme de la microanalyse qualitative fut la caractérisation d'un certain élément par l'examen au microscope de cristaux d'un composé ayant une forme cristalline caractéristique.

D'après Emich[1], l'idée de cette caractérisation microscopique serait due à Harting en 1866; la question fut ensuite développée par différents chercheurs, en particulier par Clément et Renard qui écrivirent en 1886 un ouvrage intitulé : « Réactions microchimiques des cristaux et leurs applications en analyse qualitative », et par Behrens qui, de 1881 à 1885, publia plusieurs ouvrages dont les titres sont : « Introduction à l'analyse microchimique », « La technique microchimique », « Introduction à l'analyse microchimique des principaux composés organiques ». Behrens essaya non seulement de faire des caractérisations microchimiques, mais encore des séparations. Néanmoins, ce fut Schoorl[2] qui s'attaqua tout particulièrement au problème de la séparation de petites quantités de différentes substances minérales, sans négliger d'ailleurs la recherche et la caractérisation de petites quantités d'un composé déterminé.

Si l'on excepte les dosages colorimétriques qui sont une des formes de la microanalyse quantitative, il semble que cette dernière soit née à l'apparition de la balance de Nernst; il semble que Nernst et Riesenfeld en 1903 aient les premiers réalisé des microdosages[3]. Ils dosèrent l'acide carbonique dans le spath d'Islande sur 1,7 mgr. et trouvèrent 43,66 et 43,81 % au lieu de 43,96. Brill[4], avec sa balance de Nernst modifiée, fit également le dosage de l'acide carbonique dans le carbonate de calcium, puis du thorium dans l'acétylacétone thorée, du zinc dans le lactate de zinc, etc. Brill et Clare de Brereton Evans[5] déterminèrent des équivalents électrochimiques.

En 1911, Donau publia des analyses faites avec sa balance portant sur les métaux les plus divers, sur des prises d'essai comprises entre 1 et 5 cgr., et à cet effet semble être le premier à avoir constitué un matériel spécial pour le traitement chimique de petites quantités de matière[6].

En 1912, le même auteur publiait une méthode permettant de doser le soufre et les halogènes sur de petites quantités de matières organiques

1. *C. r.*, t. CLIV, p. 347-349 (1912).
2. *Phys. Rev.* [2], t. X, p. 635 (1917).
3. *Monatsh. f. Ch.*, t. XXXVI, p. 407-440 (1915).
4. *Ber.*, t. XLIII, p. 29 (1910), et *Ch. Ztg.*, p. 1462 (1913).

1. *Berichte*, 1910, I, p. 10.
2. Schoorl (d'Amsderdam). Voir *Chemish Weekblad*, t. IV et V, et *Zeitschrift fur analytische Chemie*, t. XLVI, p. 658 (1907); t. XLVII, p. 209, 367, 729 (1908); t. XLVIII, p. 209, 401, 593, 665 (1909).
3. *Ber.*, t. XXXVI, p. 2086 (1903).
4. *Ber.*, t. XXXVIII, p. 140 (1905).
5. *Chem. Soc.*, t. XCIII, p. 140.
6. *Mon. f. Ch.*, t. XXXII, p. 1115 (1911). Emich et Donau ont d'ailleurs beaucoup étudié ces questions, voir *M. f. Ch.*, t. XXX, p. 745 (1909); t. XXXIII, p. 169 (1912); t. XXXIV, p. 553 (1913); t. XXXVI, p. 891 (1915); *Z. f. anal. Ch.*, t. LIV, p. 489-502 (1915).

par la méthode de Carius et dans ce but établissait un appareillage particulier[1].

En 1912 également, après 2 années d'essais, apparut la première méthode de Pregl de microanalyse organique quantitative intéressant la plupart des dosages de la Chimie organique; elle faisait prendre environ 1 cgr. de matière qu'on pesait à la balance de Kuhlmann[2]; cette méthode fut modifiée à la suite d'essais réalisés en 1913 et 1914 et a paru sous sa forme définitive et tout à fait générale en 1917[3]. Nous n'insisterons pas pour le moment sur cette méthode, puisqu'elle va faire l'objet de la présente conférence.

A partir de 1912, M. G. Bertrand fit de nombreuses microanalyses avec une balance de Heusser, de Zurich, pesant 10 gr. avec une sensibilité de 2.10^{-5} gr.

En 1914, MM. Urbain et Blumenfeld, pour la détermination du poids atomique du néoytterbium[4], firent également des microanalyses avec une balance de Heusser, puis MM. Urbain et Yugi Shibata réalisèrent des microélectrolyses de cuivre sur des solutions contenant moins de 1 mgr. de métal par litre[5]. En 1914 également, Heinze[6] réalisa des microélectrolyses, Folin et Farmer[7] un microkjeldahl; puis en 1915 Emich et Donau[8] publièrent encore des analyses faites avec la balance de Nernst-Emich, et Dubsky établit sa méthode de microanalyse simplifiée dont il sera parlé plus loin.

La microvolumétrie, enfin, fut mise au point par MM. Dutoit[9], Ebler[10], Zsigmondy et Heger[11], Pilch[12], Pregl.

Nous allons examiner maintenant en détails les méthodes de Pregl et de Dubsky[13] qui concernent la microanalyse quantitative des composés organiques, objet de cette conférence. Nous décrirons tout particulièrement la méthode du Prof. Pregl, d'abord parce qu'elle est de beaucoup la plus générale et la plus importante, et ensuite parce que, grâce à une bourse d'études que M. le Prof. Haller, désireux d'introduire une nouveauté intéressante dans son laboratoire, a bien voulu nous faire avoir en avril 1914, nous l'avons étudiée aussi sérieusement qu'il nous a été possible au laboratoire de son auteur, que nous tenons à remercier de l'aimable accueil qu'il nous a réservé.

II. — La Microanalyse organique quantitative

§ 1. — Les méthodes de Pregl

Les déterminations qu'elles permettent d'effectuer sont :

1° dosage du carbone et de l'hydrogène;
2° dosage de l'azote par les méthodes de Dumas et de Kjeldahl;
3° dosage des halogènes;
4° dosage du soufre;
5° dosage du groupe alcoxyle (OR);
6° dosage des cendres;
7° dosage électrolytique des métaux;
8° détermination des poids moléculaires;
9° dosage du groupe carboxyle;
10° dosage du groupe alcoyle à l'azote;
11° dosage du phosphore et de l'arsenic.

Les huit premières déterminations étaient au point en juillet 1914, les trois derniers dosages ont été réalisés de 1914 à 1916.

1. *La balance et les pesées.* — Avant de décrire les différentes méthodes de dosage, il est nécessaire de parler de la balance. La balance employée est une balance Kuhlmann donnant le millième de mgr. et comportant une charge maximum de 20 gr. Une tige graduée sur laquelle se déplace un cavalier permet l'estimation des milligrammes et des dizièmes de milligrammes; l'aiguille fournit les centièmes de milligrammes; les millièmes sont évalués au jugé.

La balance doit être mise à l'abri des trépidations. A cet effet, on la monte sur une plaque de lave scellée dans le mur en intercalant au besoin une plaque de plomb entre la lave et les consoles de fer; la plaque de plomb joue le rôle d'amortisseur.

Il est cependant beaucoup plus important de bien placer la balance *dans le laboratoire.* Tout d'abord la salle d'analyse et la salle des balances doivent autant que possible constituer un tout

1. *M. f. Ch.*, t. XXXIII, p. 169 (1912).
2. Abderhalden : Biochemische Arbeitsmethoden, t. V, p. 1307-1356.
3. Pregl : Die quantitative organische Mikroanalyse.
4. *C. r.*, 1914, t. II, p. 323.
5. Nous tenons à exprimer nos remerciements à MM. les Prof. Bertrand et Urbain qui ont bien voulu nous donner ces renseignements inédits.
6. *Z. ang. Ch.*, t. XXVII, p. 237-340 (1914). Il pouvait ainsi doser moins de 0,2 mg. de métal.
7. *J. Biol. Chem.*, t. XI, p. 493 (1912). Cette méthode est une méthode colorimétrique applicable à l'urine. Sahlstedt [*Skand. Arch. Physiol.*, t. XXXI, p. 367 (1914)] l'a comparée à une méthode de dosage de l'azote due à Pilch [*M. f. Ch.*, t. XXXII, p. 21 (1911)] et a donné sa préférence à cette dernière.
8. *M. f. Ch.*, t. XXXVI, p. 407 (1915).
9. *J. de Chimie Physique*, t. VIII, p. 12,28 (1909).
10. *Ber.*, t. XLIII, p. 2613 (1910).
11. *Z. f. anal. Ch.*, t. LXVIII, p. 169 (1910).
12. *M. f. Ch.*, t. XXXII, p. 21 (1911).
13. Wise (*J. Am. chem. Soc.*, t. XXXIX, p. 2055-68) décrit aussi une méthode de microanalyse simplifiée portant sur le dosage du carbone et de l'hydrogène; 12 à 22 mgr. de matière sont nécessaires. L'auteur déclare qu'on peut se passer de la balance utilisée par Pregl et qu'il suffit de prendre une balance sensible. Quelques précautions seraient cependant nécessaires.

indépendant, de façon que les vapeurs du laboratoire y pénètrent aussi peu que possible.

De plus, les deux salles doivent communiquer entre elles ; la température doit être la même dans les deux salles, ou bien la température de la salle des balances doit être supérieure à celle de la salle d'analyse, car, dans le cas contraire, une rentrée d'air se produirait dans les appareils de fixation de l'eau et de l'acide carbonique utilisés dans le dosage du carbone et de l'hydrogène à leur entrée dans la salle des balances et les résultats seraient faussés.

Enfin la position de la balance dans la salle des balances n'est pas indifférente. Cette balance étant sensible non seulement aux courants d'air qui peuvent se produire dans la cage, mais encore à ceux qui peuvent exister autour d'elle, provoquant ainsi des différences de température entre les différentes faces de la cage, on ne peut la placer devant un mur contenant des coffrages de cheminée ; de plus, comme pour toutes les balances, et *a fortiori* pour cette microbalance, il faut la disposer aussi loin que possible d'un poêle, empêcher qu'un rayon de soleil vienne la frapper, l'éclairer artificiellement avec une source de lumière placée à une distance suffisante.

Le seul fait de mettre la main près de l'une des faces de la cage provoquant un déplacement du zéro, il ne faudra approcher les mains que pour les opérations indispensables.

Une conséquence de toutes ces observations est qu'avant une série de pesées, il faudra pendant un certain temps ouvrir la cage de la balance pour rétablir l'équilibre de température. Il convient donc de l'ouvrir tous les matins.

Une autre conséquence est que, pour toute pesée, il ne faudra introduire dans la cage de la balance que les choses absolument indispensables, c'est-à-dire corps à peser et poids. Les appareils seront par suite pesés en employant des tares qui devront être conservées dans la cage de la balance et qui seront telles que les poids à employer pour rétablir l'équilibre ne comprendront que des centigrammes.

Le poids de la matière est estimé au millième de milligramme pour tous les essais, celui des tubes d'absorption ou creusets contenant des précipités au centième seulement.

En ce qui concerne les corps solides, on les pèse dans une nacelle de platine ou de porcelaine. Pour le dosage de l'azote d'après la méthode de Dumas, la matière est placée dans un petit tube spécial, et pour le dosage du groupe alcoxyle dans une petite capsule de papier d'étain.

Les corps liquides sont pesés dans de petits tubes capillaires dans lesquels on introduit auparavant du chlorate de potasse.

2. *Dosage du carbone et de l'hydrogène* (Microliebig). — Cette opération est de beaucoup la plus délicate de toutes.

Nous allons d'abord décrire sommairement l'appareil, espérant que la figure 1 sera suffisamment claire pour nous dispenser de beaucoup de phrases à son sujet.

Avant toutes choses, nous devons faire remarquer que le chargement reste le même quelle que soit la composition élémentaire du corps à analyser. Le chargement, disposé dans un tube en verre d'Iéna de 10 mm. de diamètre extérieur et de 400 mm. de longueur[1], est le suivant (en commençant par l'extrémité par laquelle s'échappent les gaz) :

laine d'argent	10 mm.	
amiante	2 mm.	
peroxyde de plomb	20 mm.	
amiante	2 mm.	
laine d'argent	30 mm.	
amiante	5 mm.	(tampon frein A)
mélange d'oxyde de cuivre et de chromate de plomb en morceaux de la grosseur d'un grain de chanvre	140 mm.	
laine d'argent[2]	30 mm.	

Le degré de tassement du tampon-frein a une très grande importance. Au moment où on l'établit, il est nécessaire de mesurer son tassement et de l'amener à une certaine valeur qu'on me permettra de ne pas préciser, car cela m'entraînerait à donner trop de détails. (Ces détails sont indiqués dans l'ouvrage du Prof. Pregl[3].)

L'argent a pour but de fixer les halogènes et le soufre, le peroxyde de plomb de retenir les oxydes supérieurs de l'azote. Ici M. Pregl dut surmonter une difficulté : le peroxyde de plomb a la propriété de fixer l'eau. « A une température donnée, la quantité fixée étant toujours la même et la quantité d'eau retenue étant d'autant plus faible que la température est plus élevée », M. Pregl, pour avoir des valeurs exactes d'hydrogène, a enfermé les trois premiers éléments du chargement (compris dans l'accolade dans l'énumération précédente des différents éléments du chargement) dans un bain à température constante dénommé « bloc », cylindre de

1. Le diamètre intérieur du tube ne doit pas dépasser 7,5 mm., sans quoi certaines substances difficiles à brûler comme l'anthraquinone remontent le courant gazeux en se volatilisant.

2. En 1914, cette laine d'argent était remplacée par de l'amiante platinée.

3. Die quantitative organische Mikroanalyse (Berlin, 1917).

métal contenant du pétrole qu'on porte à l'ébullition ; la fraction de pétrole est choisie de façon à atteindre une température de 190°.

Le reste du chargement est chauffé avec une rampe à gaz. Un tube peut servir pour 200 ou 300 analyses si l'on évite un chauffage trop élevé.

Les tubes d'absorption ont une forme toute nouvelle (fig. 2) : ce sont de simples tubes rectilignes comportant à chaque extrémité une antichambre communiquant avec l'air extérieur par des ouvertures capillaires, antichambre qui a pour but de protéger leur chargement. A l'une des deux extrémités, chaque tube comporte un rodage permettant le nettoyage et le remplacement du chargement usé.

Le tube à eau est rempli de chlorure de calcium de la grosseur d'un grain de millet. Sa longueur est de 80 mm. Le chlorure de calcium doit être rendu indifférent à l'acide carbonique.

Le tube à acide carbonique, d'une longueur de 120 mm., est chargé avec de la chaux sodée également de la grosseur d'un grain de millet et avec du chlorure de calcium de même grosseur. Dans l'antichambre A, on introduit une goutte d'eau (pour éviter des erreurs par les chaleurs lourdes de l'été).

Ces tubes, qui peuvent servir jusqu'à ce qu'ils aient augmenté de 100 mgr. environ, nécessitent une précaution particulière au moment de leur nettoyage avant la pesée. Pour les nettoyer, on les essuie tout d'abord avec un morceau de flanelle humide en les tenant par une extrémité avec une peau de chamois ; on les frotte ensuite avec une autre peau de chamois. Cette dernière doit être légèrement humide, sans quoi on observe des erreurs dans les pesées dues à la production de charges électrostatiques ayant pour cause la trop grande siccité de cette peau. L'humidification de la peau de chamois se fait très simplement. La flanelle humide d'une part et les peaux de chamois d'autre part sont conservées séparément dans des cristallisoirs fermés ; on se contente d'interchanger une fois par jour le contenu des cristallisoirs.

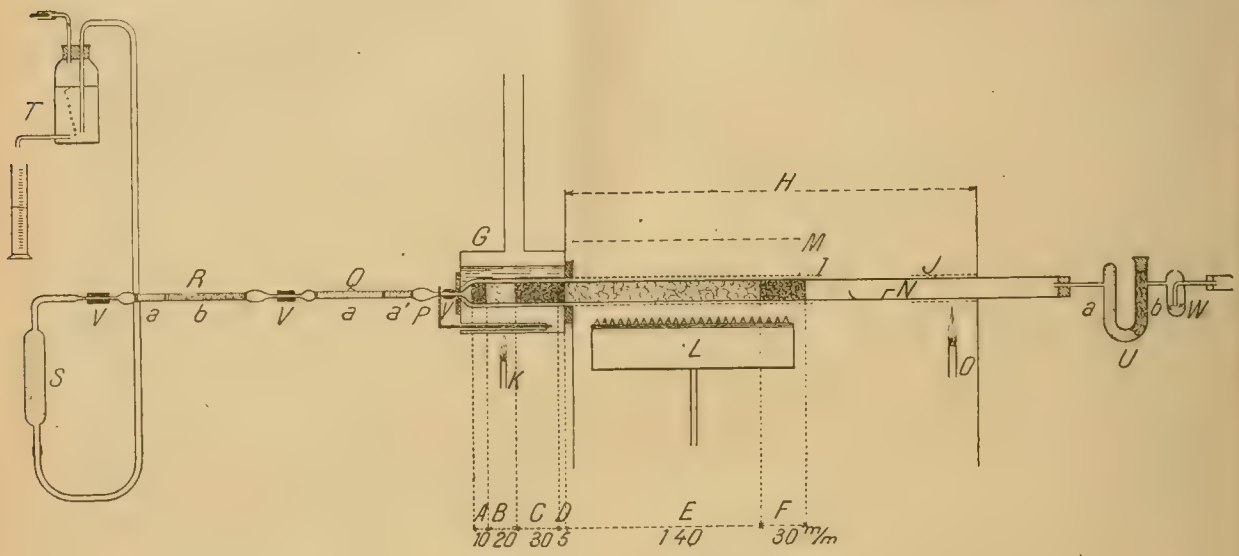


Fig. 1. — *Appareil pour le dosage du carbone et de l'hydrogène (cotes en millimètres).*

Chargement : A, C, F, argent ; B, bioxyde de plomb ; D, *tampon frein en amiante ;* E, mélange d'oxyde de cuivre en fils et de chromate de plomb en grains de la grosseur d'un grain de millet.

Appareil : G, bloc contenant du pétrole bouillant à 190° ; H, microgrille ; I, J, gaine en toile de fer ; K, microbrûleur ; L, rampe ; M, manchon réflecteur de chaleur en toile de fer ; N, nacelle ; O, bunsen ; P, crochet de chauffe ; Q, appareil d'absorption de l'eau ; R, appareil d'absorption d'acide carbonique ; S, absorbeur de garde ; T, aspirateur ; U, appareil d'épuration ; V, caoutchoucs de raccordement ; W, compte-bulles contenant de la potasse du commerce.

Matières absorbantes : a) chlorure de calcium en morceaux de la grosseur d'un grain de millet ; *a'*) chlorure de calcium en morceaux plus gros ; *b*) chaux sodée humide.

Avant le tube se trouve, formant une seule pièce, un appareil épurateur (tube en U) chargé avec de la chaux sodée et du chlorure de calcium de la grosseur déjà indiquée et un compte-bulles dans lequel on introduit de la potasse à 36° B. de façon que le tube plongeur y pénètre à peine. Il faut ici encore attirer l'attention sur un détail : le chlorure de calcium du tube épurateur, celui du tube à eau et celui du tube à acide carbonique doivent être pris sur le même échantillon ; une différence de siccité du chlorure de calcium entre les différents appareils provoquerait une augmentation de poids des tubes.

Quelques indications doivent aussi être don-

nées sur les gaz. L'oxygène provenant du chlorate de potassium et du bioxyde de manganèse donne des erreurs; il faut employer l'oxygène provenant de l'air liquide. Quant à l'air de balayage, il faut le prendre en dehors du laboratoire.

Les caoutchoucs de raccordement ont également été une source d'ennuis pour M. Pregl. Pendant un certain temps, les caoutchoucs neufs abandonnent en effet des produits carburés qui faussent les résultats. Il faut par suite employer des caoutchoucs vieillis artificiellement. A cet effet, les tubes de caoutchouc destinés à l'amenée de l'air et de l'oxygène sont mis à l'étuve à 100-110° pendant une heure en y faisant passer de l'air au moyen d'une trompe à eau. Le mieux est donc d'employer le plus possible de canalisation

Fig. 2. — *Tubes d'absorption de l'eau et de l'acide carbonique.*

de plomb pour l'amenée de l'oxygène et de l'air. Quant aux caoutchoucs destinés à raccorder les appareils d'absorption entre eux, il faut les vieillir d'une autre manière. Pour cela, dans un morceau de tube de caoutchouc, sans couture, de 8 mm. de diamètre extérieur, ayant un canal de 2 mm. de diamètre, on coupe un morceau de 15 mm. destiné à relier le tube à combustion à l'absorbeur à eau et un morceau de 20 mm. destiné à relier les absorbeurs entre eux. On les introduit dans un ballon contenant de la vaseline brute qu'on chauffe au bain-marie et dans lequel on fait le vide avec une trompe. Dès que les mousses ont cessé, on laisse rentrer l'air de façon à permettre à la vaseline de pénétrer dans tous les pores du caoutchouc. On les laisse ensuite égoutter chaud et on les essuie à l'intérieur et à l'extérieur. Le vaselinage a pour but d'éviter l'hygroscopicité et l'absorption de l'acide carbonique par le caoutchouc. De plus, au moment de l'usage, ces caoutchoucs doivent être légèrement glycérinés à l'intérieur.

Le mode opératoire nécessite peu d'explications; il est, en effet, le même qu'en microanalyse : d'abord passage d'oxygène, puis d'air, pesée des tubes après refroidissement, introduction de la matière, combustion effectuée avec précaution, passage d'oxygène, balayage à l'air, nouvelle pesée après refroidissement. Un point cependant doit être mis en lumière : c'est que l'expérience a montré que les conditions de pression et de vitesse de passage des gaz dans l'ensemble du système sont de la plus grande importance pour la réussite de ce dosage. C'est pourquoi un certain degré de tassement du tampon-frein doit être très exactement respecté; c'est ce tampon, en effet, qui règle la vitesse du courant gazeux. Un tassement insuffisant donnerait une trop grande vitesse de passage et ferait trouver des nombres trop faibles. Il y a donc une série d'opérations à exécuter qui permettent de faire passer le gaz à la vitesse voulue dans l'ensemble du système. On me permettra de ne pas les décrire[1], mais de dire qu'elles sont primordiales pour la réussite de l'analyse. Nous nous contenterons d'ajouter que le compte-bulles est l'appareil sur lequel on se base pour ce réglage.

L'analyse se fait sur 3 à 4 mgr. de matière. La quantité minimum employée jusqu'alors a été de 1,5 mgr. L'opération dure 45 minutes; on peut, par suite, dans un après-midi, faire aisément quatre opérations. Quelques résultats analytiques montreront mieux que n'importe quel éloge la valeur de cette méthode. M. Pregl nous a fait doser le carbone et l'hydrogène dans 8 corps; voici les résultats obtenus après une vingtaine d'analyses d'entraînement :

1. Voir l'ouvrage de M. Pregl : « Die quantitative organische Mikro-analyse » (Berlin, 1917).

TABLEAU I. — **Résultats de quelques dosages d'H et de C par la microanalyse**

SUBSTANCE	Quantité de matière pesée en mgr.	H			C		
		Quantité d'eau pesée en mgr.	H °/₀ trouvé	H °/₀ théorie	Quantité d'acide carbonique pesée en mgr.	C °/₀ trouvé	C °/₀ théorie
Quinizarine	3,088	0,985	3,57	3,36	7,92	69,93	69,98
Cholestérine	4,399	4,73	12,03	12,00	13,51	83,76	83,86
Anthracène	4,618	2,35	5,69	5,66	15,95	94,20	94,34
Pérylène	2,941	1,30	4,95	4,80	10,27	95,24	95,20
Azobenzène	4,575	2,32	5,67	5,53	13,22	78,81	79,08
Nitrobenzène	3,540	1,34	4,24	4,10	7,59	58,48	58,52
Trichlorodinitrobenzène	4,707	0,295	0,70	0,37	4,61	26,71	26,51
Sulfonal	4,301	2,81	7,31	7,07	5,79	36,71	36,80

3. *Dosage de l'azote par la méthode de Dumas* (*Microdumas*). — L'appareil utilisé, représenté dans la figure 3, comprend, comme en macroanalyse, un générateur à acide carbonique, un tube à combustion, un azotomètre.

Le chargement du tube à combustion n'est toutefois pas tout à fait le même qu'en macroanalyse. Disons tout d'abord qu'il comprend un chargement fixe et un chargement mobile :

chargement fixe
- amiante.
- oxyde de cuivre en fils, 130 mm., que l'on réduit toutes les 500 analyses environ en cuivre métallique sur 40 mm. sur la partie antérieure du chargement.
- amiante.

chargement mobile
- oxyde de cuivre en fils (90-100 mm.)
- oxyde de cuivre pulvérisé (5 mm.)
- oxyde de cuivre pulvérisé mélangé à la matière } 15 mm.
- oxyde de cuivre en fils (50 mm.)

La différence entre les chargements macro et microanalytiques réside en ce que le cuivre réduit, placé à l'extrémité du tube en macroanalyse, se trouve intercalé dans la méthode de M. Pregl entre deux couches d'oxyde. Au cours de ses recherches, M. Pregl avait tout d'abord adopté la disposition de Dumas, c'est-à-dire qu'il avait mis le cuivre réduit à l'extrémité postérieure du tube, mais les nombres qu'il obtenait étaient toujours trop forts. Il ne tarda pas à reconnaître que le volume d'azote était invariablement trop élevé d'une petite quantité, 8 % environ ; ses travaux lui montrèrent que l'augmentation de volume était due à une formation d'oxyde de carbone, qu'il a caractérisé, et que ce gaz provenait d'une décomposition de l'acide carbonique d'entraînement au contact du cuivre réduit. Dans son ouvrage, M. Pregl indique qu'il

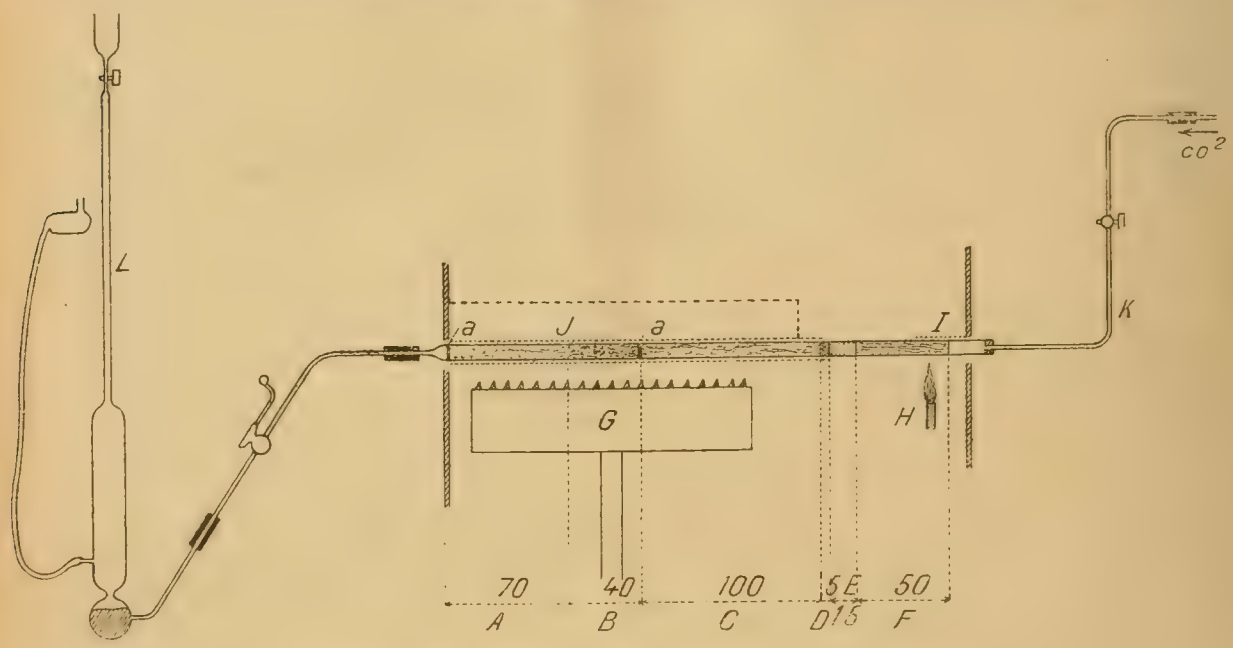


Fig. 3. — *Appareil pour le dosage de l'azote* (Microdumas) (*cotes en millimètres*).

Chargement : A, oxyde de cuivre en fils ; B, cuivre réduit ; C, oxyde de cuivre en fils ; D, oxyde de cuivre pulvérisé ; E, oxyde de cuivre pulvérisé mélangé à la matière ; F, oxyde de cuivre en fils ; *a*, amiante.
Appareil : G, rampe ; H, bunsen ; I, J, gaine en toile de fer ; K, tube capillaire ; L, azotomètre gradué au 1/100 de cm³.

semble que la décomposition varie avec le cuivre employé et qu'elle est due à des impuretés du cuivre, en particulier à du zinc. Avec la disposition adoptée, l'oxyde de carbone est réoxydé en acide carbonique. Pour que ce cuivre réduit ne se réoxyde pas, l'appareil doit constamment rester en pression d'acide carbonique.

Le microazotomètre jauge 1,2 cm³. Il est gradué en centièmes de cm³ ; les millièmes sont évalués à la loupe. De la lecture faite on défalque 2 % pour avoir le volume vrai sur lequel se font les calculs[1]. On le remplit de potasse à 50 %, que l'on prépare spécialement de façon à ne pas avoir de mousses au ménisque de lecture. Pour cela on l'agite avec de la baryte.

Dans l'appareil de Kipp, on produit l'acide carbonique par action de l'acide chlorhydrique 1/1 sur du marbre. Les morceaux de marbre sont attaqués avant chargement de l'appareil avec de l'acide chlorhydrique et lavés à l'eau. De l'acide 1/1 on chasse l'air par addition de marbre.

1. Nous en verrons plus loin la raison.

Un appareil neuf exige quelques mesures de précaution pour lesquelles nous renvoyons à l'ouvrage de M. Pregl. L'appareil de Kipp est relié au tube à combustion par un tube thermométrique capillaire.

L'opération par elle-même se conduit comme un dosage habituel. La vitesse de combustion doit être telle qu'il y ait dégagement d'une bulle par deux secondes dans l'azotomètre.

L'opération se fait sur 2 à 3 mgr. de matière. La quantité minimum employée a été 0,8 mgr. L'opération dure de 20 à 30 minutes. Voici quelques résultats d'analyse. M. Pregl nous a fait analyser quatre corps azotés pour lesquels nous avons obtenu les résultats suivants :

TABLEAU II. — **Résultats du dosage de N par la microanalyse**

SUBSTANCE	Quantité de matière en mgr.	Cm³ d'azote lus	N °/₀ trouvé	N °/₀ théorie
Azobenzène.....	4,174	0,591	15,45	15,39
Acétanilide.....	4,085	0,395	10,51	10,37
Nitrosodiméthylaniline.....	3,165	0,543	18,68	18,67
Trichlorodinitrobenzène.....	3,000	0,290	10,60	10,32

4. *Dosage de l'azote par la méthode de Kjeldahl (Microkjeldahl).* — L'appareil est du modèle ordinaire, mais de dimensions réduites (fig. 4). La seule particularité est que le ballon

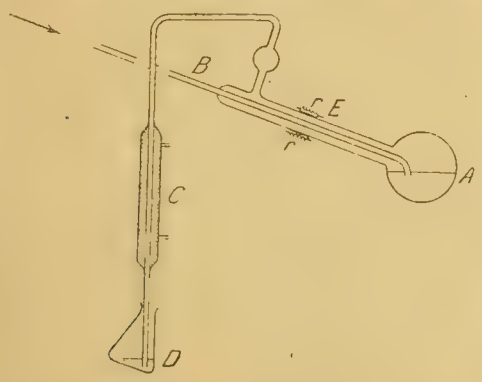


Fig. 4. — *Appareil pour le dosage de l'azote* (Microkjeldahl).
A, ballon laboratoire; B, tube d'entraînement; C, réfrigérant; D, fiole contenant HCl 1/70 N ;
E, rodage; *r*, *r*, ressort de retenue du rodage.

est relié à un ajutage, faisant corps avec le réfrigérant, par un rodage qu'on enduit de vaseline ; le rodage est maintenu en place par deux petits ressorts. On introduit la matière dans le ballon (3 à 5 mgr.) avec une pointe de canif de sulfate de cuivre et une pointe de canif de sulfate de potassium, le premier servant de véhiculeur d'oxygène, le second ayant pour but d'élever le point d'ébullition de l'acide sulfurique que l'on ajoute ensuite (2 à 3 cm³). Quand par chauffage le contenu du ballon est devenu clair, on introduit 2 ou 3 gouttes d'alcool et l'on chauffe de nouveau. Le reste de l'opération est le même qu'en macroanalyse. L'ammoniac dégagé est recueilli dans un excès d'acide chlorhydrique au 1/70 N, et l'on revient en arrière avec de la soude de même concentration en prenant le rouge méthyle comme indicateur. Les burettes dans lesquelles on introduit ces solutions titrées sont des burettes spéciales. Elles jaugent 10 cm³ et sont graduées au 1/20 de cm³. Une disposition particulière de ces burettes, sur laquelle il serait trop long d'insister, permet de repérer le ménisque avec une netteté parfaite.

Cette opération dure environ 45 minutes. Nous n'avons ainsi analysé qu'un corps, pour lequel nous avons obtenu le résultat suivant :

acétanilide : matière 4 mg. 347 { N °/₀ trouvé 10,51 ; N °/₀ théorie 10,37 }

5. *Dosage des halogènes.* — Les méthodes de dosage précédemment indiquées étaient des adaptations des méthodes déjà en usage ; la preuve en est que M. Pregl les a dénommées : « Microliebig », « Microdumas », « Microkjeldahl ».

Avec le dosage des halogènes apparaît une méthode toute nouvelle. Son principe est le suivant : la matière, disposée dans une nacelle de platine, est brûlée dans un courant d'oxygène en présence d'un catalyseur en feuille de platine (fig. 6), et les produits halogénés de la combustion sont retenus par une solution de carbonate de soude et de bisulfite de soude purs répartie sur des billes de porcelaine.

L'appareil est représenté dans la figure 5. Nous n'insiterons pas à son sujet, espérant que le schéma en montre assez nettement les détails. Nous ferons simplement remarquer que l'extrémité effilée du tube est recouverte et protégée par une éprouvette E.

Le mode opératoire, par contre, nécessite quelques explications.

Avant chaque dosage, le tube doit être nettoyé avec le plus grand soin et séché ; de même, l'éprouvette E doit subir un nettoyage complet (mélange chromique). Dans l'éprouvette, on introduit 2 cm³ d'une solution concentrée de carbonate de soude exempte de chlorure et 3 gouttes d'une solution de bisulfite de soude préparée en faisant passer du gaz sulfureux dans la précédente solution de carbonate. On engage alors l'extrémité effilée du tube à combustion dans l'éprouvette E et, en aspirant, on fait monter le

mélange sur les billes de porcelaine ; on incline le tube de façon que toutes les billes soient imprégnées, mais en veillant à ce que la solution ne dépasse pas l'étranglement. On laisse écouler l'excès de liquide et le tube est placé horizontalement en position d'analyse ; on le recouvre avec l'éprouvette E pour empêcher des saletés d'y pénétrer.

On glisse ensuite le tube, en prenant certaines précautions, dans les tortillons T_1 et T_2, puis on met les catalyseurs en place et enfin la nacelle

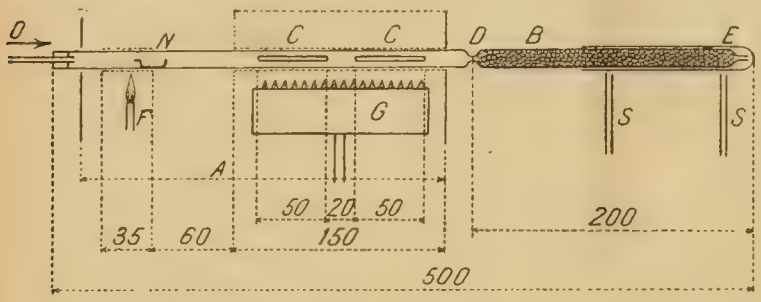


Fig. 5. — *Appareil pour le dosage des halogènes et du soufre.*
A, microgrille ; B, billes de porcelaine ; C, C, catalyseurs ; D, étranglement du tube à combustion ;
E, éprouvette protectrice ; F, bunsen ; G, rampe ; N, nacelle ; S, supports.

contenant la matière. On relie à un appareil à oxygène et l'on allume la rampe G de façon que le tube soit porté au rouge clair. Lorsque la température voulue est atteinte, on fait passer l'oxygène à raison de 2 bulles par seconde. Enfin on allume le bunsen B et l'on conduit la combustion avec précaution, comme pour un dosage de carbone et d'hydrogène. En 15 minutes l'opération est terminée. On éteint alors la rampe et le bunsen, puis laisse refroidir en faisant passer le courant d'oxygène ; on arrête ce dernier quand le tube est froid. On sort la nacelle et les deux catalyseurs en prenant certaines précautions, puis saisissant ensemble le tube à combustion et l'éprouvette, on redresse le tout, et par l'extrémité supérieure du tube à combustion on ajoute 2 à 3 gouttes de solution de bisulfite. Ceci a pour but de détruire l'hypochlorite et le chlorate de sodium qui ont pu se former. Par l'extrémité supérieure du tube on lave ensuite les perles à l'eau distillée à trois reprises, de manière que l'ensemble représente 20 cm³ de liquide. Ce liquide est enfin additionné, dans le cas d'un corps chloré ou bromé, de 2 gouttes de perhydrol pur pour oxyder le sulfite et l'ensemble est chauffé au bain-marie bouillant pendant 3 à 5 minutes. (Dans le cas d'un corps iodé, il ne faut pas chauffer, car on pourrait produire des iodates. Dans ce cas, on oxyde avec 4 ou 5 gouttes de perhydrol à la température ordinaire pendant 10 minutes.)

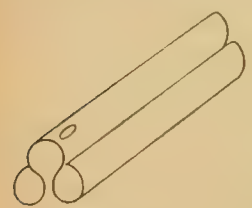


Fig. 6. — *Catalyseurs.*

L'éprouvette contient alors l'halogène sous forme d'halogénure de sodium. On précipite ensuite à la façon habituelle en halogénure d'argent. Quand le précipité d'halogénure est condensé, on le filtre sur un tube-filtre spécial garni d'amiante (fig. 7), sur lequel on transporte l'halogénure par siphonnage. Ici se placent une série d'opérations qui nécessitent un travail très minutieux et qui, pour être décrites, exigeraient trop de détails[1]. On sèche le précipité dans une microétuve appelée « bloc de régénération ». On repèse ensuite le tube.

Lorsque l'halogène à doser est l'iode, il y a lieu de remarquer les choses suivantes :

1° Lors de la combustion, l'iode donne à quelques billes de porcelaine une coloration jaune qui disparaît peu à peu. Il ne faut arrêter la combustion que lorsque toute coloration a disparu ;

2° L'iodure d'argent retient très facilement des impuretés et il faut le laver jusqu'à obtention d'un poids constant d'un lavage à l'autre, sans quoi on trouve des nombres trop forts.

Le dosage des halogènes se fait sur 3 à 6 mgr. de matière. Le dosage du chlore et du brome exige de 2 à 3 heures, celui de l'iode en général 2 heures de plus, à cause de la nécessité de laver jusqu'à poids constant.

M. Pregl nous a fait analyser trois corps halogénés (Tableau III, page 451).

Fig. 7. — *Tube-filtre pour le dosage des halogènes.*

Les nombres suivants montrent avec quelle opiniâtreté l'iodure d'argent retient des impuretés :

AgI	1re pesée	3,87	mgr.	I °/.	trouvé 48,42	th. 46,50
	2e —	3,83	—		47,92	
	3e —	3,79	—		47,42	
	4e —	3,77	—		47,17	
	5e —	3,73	—		46,67	
	6e —	3,72	—		46,55	

1. On les trouvera dans le livre du Prof. Pregl.

TABLEAU III. — **Résultats du dosage des halogènes par la microanalyse**

SUBSTANCE	Quantité de matière en mgr.	Halogénure d'argent pesé en mgr.	Halogène °/. théorie	Halogène °/. trouvé
Trichlorodinitrobenzène.....	4,152	6,58 Cl	39,20	39,19
Tribromophénol..	4,139	7,03 Br	72,28	72,27
Amide *o*-iodocinnamique.....	4,320	3,72 I	46,55	46,50

6. *Dosage du soufre.* — Le dosage du soufre se fait également par un procédé nouveau, dont le principe est identique à celui que nous venons de voir pour le dosage des halogènes : la matière, disposée dans une nacelle de platine, est brûlée dans un courant d'oxygène en présence d'un catalyseur constitué par une feuille de platine, et les produits sulfurés de la combustion sont oxydés et retenus par une solution de 1 goutte d'eau oxygénée à 30 volumes (perhydrol) dans 20 gouttes d'eau distillée.

L'appareil employé est identiquement celui indiqué pour le dosage des halogènes. Il se forme ainsi un anneau d'acide sulfurique qui se condense entre les catalyseurs et l'écrasement du tube. La combustion se conduit comme celle des halogènes, avec cette différence toutefois que la vitesse du courant d'oxygène doit être de 1 bulle par seconde au lieu de 2. Il faut chauffer avec plus de lenteur parce que l'absorption de l'anhydride sulfurique par les solutions aqueuses nécessite une certaine durée de contact pour être complète. En 15 minutes environ la combustion est terminée.

Le remplissage et le dégarnissage du tube se font comme pour le dosage des halogènes. Pour recueillir les produits de la combustion, on introduit de l'eau distillée par l'extrémité antérieure du tube en recueillant l'eau de lavage *dans une capsule de platine bien brillante et bien propre.* Il faut également rincer l'éprouvette E. Le volume total de la solution aqueuse doit s'élever à 25 cm³ environ. Le liquide est alors concentré à 10 cm³, on laisse refroidir et l'on précipite par le chlorure de baryum. Il faut laisser refroidir complètement, car, avec ces quantités, la solubilité du sulfate de baryum dans l'eau chaude n'est plus négligeable.

Pour la concentration, on peut remplacer la capsule de platine par une capsule de verre, mais il faut que celle-ci soit auparavant soumise à l'action de la vapeur d'eau pendant 30 heures au moins. Néanmoins, ainsi que nous allons le voir, malgré cette précaution, on trouve facilement des nombres trop forts.

On recueille alors le sulfate de baryum en prenant certaines précautions. Nous dirons seulement qu'il faut lui faire subir une calcination avant celle qui précède la pesée. Elle a pour but de détruire des sels doubles qui pourraient se former ($SO^4Ba.BaCl^2$) et de libérer le chlorure de baryum retenu par le sulfate. On traite ensuite par l'eau distillée, relave et pèse.

Le dosage s'effectue sur 3 à 6 mgr. et exige de 3 à 4 heures.

M. Pregl nous a fait doser le soufre dans le sulfonal. Tous les dosages marqués d'une croix ont été effectués dans du verre vaporisé.

TABLEAU IV. — **Résultats du dosage du soufre par la microanalyse**

Quantité de matière en mgr.	Quantité de SO^4Ba en mgr.	S °/. trouvé	S °/. théorie
× 5,785	12,22	29,02	28,09
× 4,848	10,12	28,68	
× 3,198	6,70	28,78	
3,638	7,48	28,25	28,09

On voit qu'il est nécessaire d'opérer dans du platine.

7. *Dosage des métaux.* — Les métaux sont dosés par les méthodes habituelles, le sodium, le potassium, le calcium et le baryum à l'état de sulfates, l'argent, l'or et le platine comme tels, le plomb à l'état de sulfate, le chrome en sesquioxyde.

En ce qui concerne les quatre premiers, le dosage est très aisé pour le sodium, le calcium et le baryum, difficile pour le potassium.

Voici quelques résultats :

TABLEAU V. — **Résultats du dosage des métaux par la microanalyse**

MÉTAL	CORPS	Quantité en mgr.	Métal °/. trouvé	Métal °/. théorie
Sodium.....	Chlorure de sodium.	2,830	39,33	39,34
Potassium...	*m*-benzène-disulfonate de potassium.	3,603	23,23	22,91
Baryum.....	Bromobenzènesulfonate de baryum...	4,816	22,52	22,54

Le cuivre a pu être dosé microanalytiquement par électrolyse. L'appareil est un appareil ordinaire en miniature ; la méthode est la même. Pour

une solution de cuivre à 0 gr. 003344 par litre, le résultat trouvé a été de 0,003340.

8. *Détermination du poids moléculaire.* — La méthode employée est celle de Raoult-Beckmann. L'appareil est simplement un appareil de dimensions réduites. Voici encore un résultat expérimental :

Azobenzène matière..	10,18 mgr.	
alcool..	1 cm. 52	$\Delta^t = 0,055$
Trouvé 185,9 théorie	182,0	

9. *Dosage du groupe méthoxyle (Microzeisel).* — Le dosage du groupe méthoxyle (ou éthoxyle) s'effectue d'après la méthode de Zeisel. L'appareil utilisé est représenté dans la figure 8.

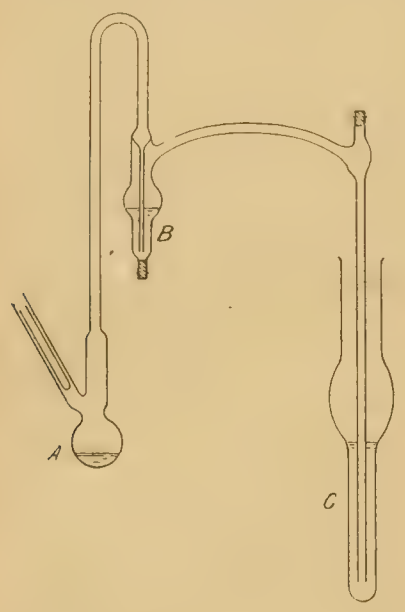


Fig. 8. — *Appareil pour le dosage du groupe méthoxyle.*
A, ballon laboratoire ; B, laveur contenant une suspension de phosphore rouge dans l'eau ;
C, éprouvette contenant une solution alcoolique de nitrate d'argent.

La matière, contenue dans du papier d'étain, est chauffée à douce ébullition pendant 25 minutes avec 1 à 2 cm³ d'acide iodhydrique de densité 1,70 et 3 à 5 gouttes d'anhydride acétique dont le but est de dissoudre les parties déméthylées insolubles dans l'acide iodhydrique pour le cas où elles engloberaient de la substance inattaquée. Le papier d'étain présente l'énorme avantage d'éviter les soubresauts. Dans l'appareil on fait passer un courant de gaz carbonique à une vitesse telle que 3 bulles puissent être comptées par seconde dans la solution alcoolique d'azotate d'argent à 4 °/. destinée à retenir l'iodure de méthyle dégagé. Tous les produits employés doivent être rigoureusement purs. M. Pregl nous a fait doser le groupe méthoxyle dans la vanilline :

Matière 3 mgr.520	AgI 5 mgr.530
OCH^3 trouvé 20,32	OCH^3 théorie 20,40

Le dosage est fait en 2 heures.

10. *Dosage du groupe méthyle à l'azote.* — Ce dosage, ainsi que ceux qui vont suivre, n'étaient pas encore au point en 1914. Par suite, les renseignements que nous allons donner ne sont pas des indications recueillies personnellement auprès de M. Pregl, mais ont leur origine dans le livre que ce dernier a publié en 1917. L'appareil utilisé est sensiblement le même que celui employé pour le dosage du groupe méthoxyle. La matière, pesée également dans une cartouche en papier d'étain, est chauffée au bain de vaseline brute « avec deux pointes de canif d'iodure d'ammonium et environ 1,5 cm³ d'acide iodhydrique de densité 1,70 », et les vapeurs dégagées, lavées dans une suspension de phosphore bien propre, sont recueillies dans une solution alcoolique de nitrate d'argent.

« Si l'on règle le chauffage de telle façon que « l'acide iodhydrique soit juste porté à l'ébulli- « tion, il devient possible, avec des substances « méthoxylées, de doser le groupe méthoxyle », ce dernier étant éliminé à plus basse température que le groupe méthyle à l'azote. Pour ce dernier, il faut porter la température à 220-300° suivant les corps. « Tandis que l'élimination des « groupes méthoxyle est terminée en 20 minutes, « celle des groupes méthyle à l'azote dure en « général une heure et quelquefois plus. » L'iodure d'argent est ensuite recueilli et pesé comme pour le dosage des halogènes.

Voici un exemple donné par M. Pregl dans son ouvrage :

Théobromine : mat. 4,005 mgr.
CH^3 à l'azote °/. 16,37 °/. théorie 16,68 °/.

11. *Dosage du groupe carboxyle.* — Ce dosage s'effectue au moyen de solutions au 1/45 N, en employant la phénolphtaléine comme indicateur. Les burettes à employer sont les mêmes que pour le microkjeldahl. M. Pregl règle ses solutions sur l'acide succinique.

12. *Dosage du phosphore.* — M. Pregl a appliqué à la microanalyse la méthode de dosage du phosphore de von Lorenz[1], dans laquelle le phosphore est pesé à l'état de phosphomolybdate d'ammoniaque.

Le dosage s'effectue de la façon suivante : dans

1. *Zeitschrift für analytische Chemie*, t. XLVI, p. 192 (1907), et t. LI, p. 161 (1912).

un tube ayant la forme indiquée dans la figure 9, dans lequel on fera passer un courant d'oxygène, on introduit une nacelle de platine contenant 2 à 5 mgr. de substance et un mélange de nitrate

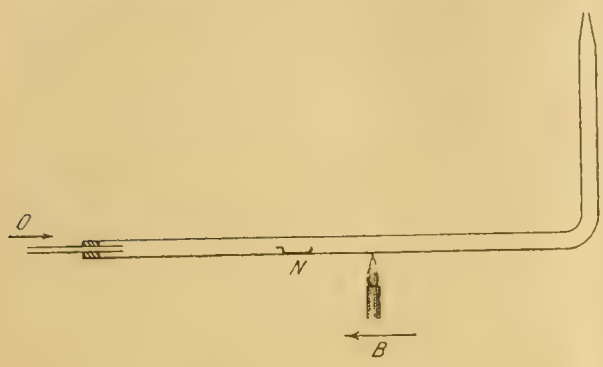


Fig. 9. — *Appareil pour le dosage du phosphore et de l'arsenic.*

B, bunsen que l'on déplace peu à peu dans le sens de la flèche; N, nacelle.

de potassium et de carbonate de sodium 1/1. Cette nacelle est chauffée dans le courant d'oxygène. La nacelle, et éventuellement le tube, sont repris par l'acide nitrique dilué. Le phosphore est ensuite précipité à l'état de phosphomolybdate, qu'on recueille sur un tube-filtre du modèle employé pour le dosage des halogènes.

Voici un nombre cité par M. Pregl dans son ouvrage :

Ether diphtaloylphosphorique,
P % théorie 8,91 %.
Mat. (en mgr.) 5,952; 5,165; 1,408
trouvé, 8,81; 8,89; 8,82 %.

M. Pregl quant aux principes généraux, qu'il a dénommée « microanalyse organique élémentaire simplifiée [1] ». Il l'a décrite en particulier dans un ouvrage paru en 1917.

Disons tout d'abord que la balance utilisée est également celle de Kuhlmann et que la méthode ne concerne que le dosage du carbone et de l'hydrogène et que le dosage de l'azote d'après Dumas.

1. *Dosage du carbone et de l'hydrogène.* — L'appareil est représenté dans la figure 10. Le chargement du tube est simplifié, car il ne comprend plus qu'une spirale d'argent et une couche d'oxyde de cuivre ou de chromate de plomb. Il n'y a plus de régulateur de pression. Les appareils d'absorption semblent identiques à ceux de M. Pregl. Voici des nombres cités par M. Dubsky.

TABLEAU VI. — **Dosage de C et H par la méthode de Dubsky**

SUBSTANCES	Matière en mgr.	H % calc.	H % trouvé	C % calc.	C % trouvé
Acide tartrique.....	14,49	4,00	4,18	32,00	31,96
Nitroiminodipropionitrile.....	7,248	4,76	4,83	42,85	42,83
Chlorhydrate de l'acide α-aminoisobutyrique	11,350	7,17	6,50	34,40	34,78

La quantité de matière utilisée est généralement de 5 à 10 mgr.

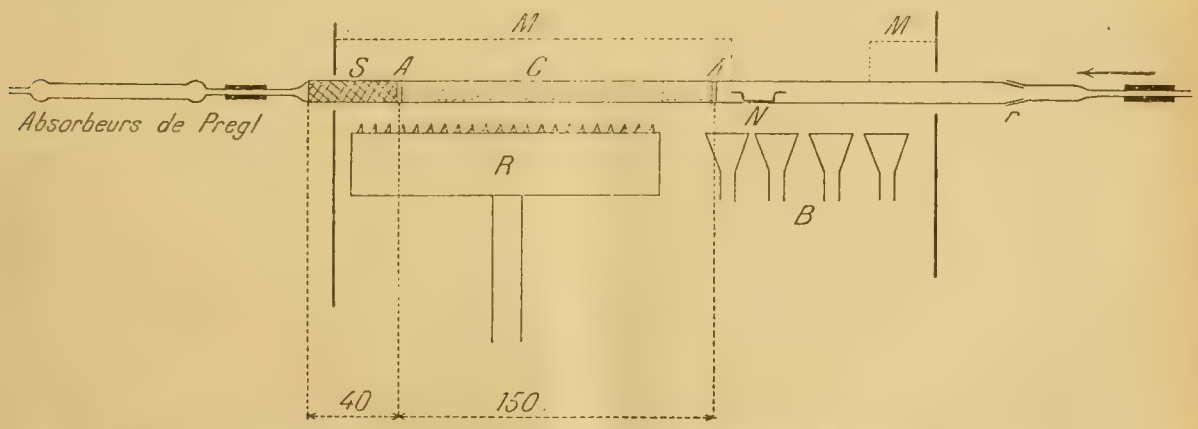


Fig. 10. — *Appareil pour le dosage du carbone et de l'hydrogène* (Méthode de M. Dubsky) (*cotes en millimètres*).

A, tampon d'amiante; B, brûleurs; C, oxyde de cuivre ou chromate de plomb; M, manchon réflecteur de chaleur; N, nacelle; R, rampe; S, spirale d'argent; *r*, rodage.

§ 2. — La Microanalyse simplifiée de M. Dubsky

M. Dubsky, privat-docent à l'Université de Zurich, ancien assistant de M. Pregl, a mis au point une méthode très semblable à celle de

2. *Dosage de l'azote.* — Le dosage se fait d'après le même principe que dans la méthode de M. Pregl, mais bien des détails sont différents.

1. V. aussi p. 444, note 13.

L'appareil est représenté dans la figure 11.

D'abord le chargement. Le chargement est identique à celui employé en macroanalyse, c'est-à-dire que le cuivre réduit est en queue du tube. Cette disposition peut paraître étrange, lorsqu'on se rappelle la cause d'erreur signalée par M. Pregl et les raisons pour lesquelles ce dernier a disposé le cuivre réduit entre les deux épaisseurs d'oxyde. Il semble étonnant qu'en portant le prélèvement moyen de 3 à 7 milligrammes, cette cause d'erreur ait disparu.

Ensuite la matière n'est plus mélangée directement à de l'oxyde en poudre, mais pesée dans une nacelle de porcelaine. Ce mode opératoire semble moins pratique que celui de M. Pregl, quoi qu'en dise l'auteur, qui considère que la méthode de M. Pregl présente des inconvénients pour un débutant, car M. Dubsky indique ultérieurement que le tube, avec la nacelle contenant la matière, est ensuite glissé dans un flacon rempli d'oxyde de cuivre pulvérisé et qu'il faut faire tomber une certaine quantité de ce dernier dans le tube.

Enfin, l'acide carbonique n'est plus produit avec un appareil de Kipp, mais avec un microtube rempli de bicarbonate de soude.

Il faut noter cependant que M. Dubsky a fait étudier à son laboratoire la cause de la défalcation de 2 % sur le volume d'azote. D'après les expériences réalisées, les causes en sont les suivantes :

Adhérence de la solution de potasse	1,5 %
Tension de vapeur de la potasse	0,5
	2,0

La quantité de matière varie de 2 à 10 mgr. L'opération dure de 25 à 30 minutes.

Voici un exemple cité par M. Dubsky dans son ouvrage :

acétanilide : mat. 7,16 mgr.; volume d'azote 0,676 cm³ N% trouvé 10,44; théorie 10,37.

Avant Dubsky, Brunner avait employé le bicarbonate de sodium comme source d'acide carbonique[1]. H. Fischer, qui avait également adopté ce système de production d'acide carbonique et qui, comme Dubsky, avait repris le chargement de Dumas avec le cuivre réduit en queue du tube, a montré, dans un mémoire paru en 1918[2], que la disposition établie par M. Pregl, qui consiste à intercaler le cuivre réduit entre deux couches d'oxyde, représente le meilleur chargement à adopter. Il a montré, avec de nombreux exemples à l'appui, que la méthode de Pregl donne des résultats plus précis que celle qui consiste à copier purement et simplement le chargement macroanalytique. Pour la recherche de l'azote, cet auteur déclare même qu'au lieu de l'essai de Lassaigne au potassium, lorsqu'on n'a à sa disposition que quelques milligrammes de matière qui ne permettent plus toujours d'avoir des résultats certains à cause de la petitesse de la quantité de substance, le mieux est de faire immédiatement un dosage par la méthode de Pregl-Dumas.

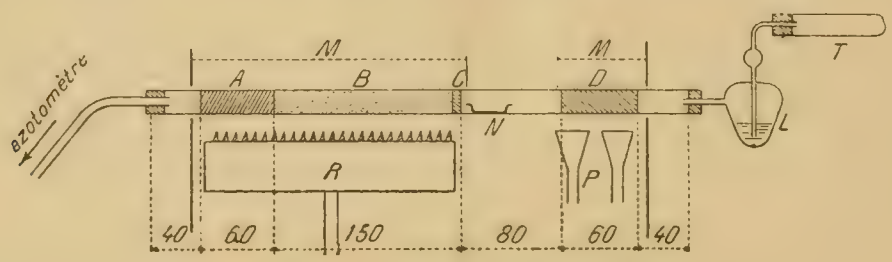


Fig. 11. — *Appareil pour le dosage de l'azote* (Méthode de M. Dubsky) (*cotes en millimètres*).

A, spirale de cuivre réduit; B, oxyde de cuivre en fils; C, petit tortillon en toile de cuivre oxydée; D, tortillon en toile de cuivre oxydée; L, laveur; M, manchon réflecteur de chaleur; N, nacelle; P, brûleurs; R, rampe; T, tube à bicarbonate de soude pour le dégagement d'acide carbonique.

III. — Conclusions

Les résultats que nous venons d'indiquer montrent quels avantages considérables offrent les méthodes du Prof. Pregl :

1° économie de matière (quelques milligrammes sont seulement nécessaires);

2° économie de temps (45 minutes au lieu de 3 heures pour le dosage du carbone et de l'hydrogène);

3° élimination de tout danger dans le dosage des halogènes et du soufre;

4° réalisation de conditions expérimentales permettant une très facile combustion et rendant l'analyse presque automatique.

Dans l'introduction de son ouvrage, M. Dubsky s'exprime ainsi : « Le but que j'ai poursuivi était de simplifier la microanalyse élémentaire, de façon à la rendre identique à l'analyse élémentaire

1. *Chemiker Zeitung*, p. 767 (1914).
2. *Ber.*, t. LI, p. 1322-25 (1918).

ordinaire, de telle sorte que quiconque connaissant cette dernière puisse de lui-même posséder la microanalyse élémentaire. » — A l'opposé de M. Dubsky, nous estimons que quiconque connaît la macroanalyse peut pratiquer les méthodes du Prof. Pregl; notre préférence va à ces dernières :

en ce qui concerne le dosage du carbone et de l'hydrogène, à cause de l'universalité du chargement du tube à combustion et par suite du mode opératoire;

en ce qui concerne le dosage de l'azote, à cause de sa précision plus rigoureuse, ainsi que l'a montré H. Fischer.

Quoi qu'il en soit, l'avenir de la microanalyse est certain; ses avantages de toutes natures sont trop grands pour que son emploi ne se généralise pas.

Malheureusement, il nous a été jusqu'à présent impossible de nous procurer le matériel nécessaire soit en Allemagne, soit en Autriche; aussi, pour cette conférence, avons-nous été obligé de chercher à Paris des constructeurs de bonne volonté. A cette occasion nous tenons à remercier M. Vigreux, chef d'atelier à la Sorbonne, qui a bien voulu faire tout l'appareillage en verre, et M. Pouillot, chef d'atelier à l'Ecole de Physique et de Chimie industrielles de Paris, qui, avec le concours des élèves de l'Ecole, a réalisé tous les appareils métalliques.

Nous tenons enfin à exprimer notre gratitude à M. le Prof. Haller, qui a bien voulu nous désigner pour étudier ces méthodes si intéressantes, et au Conseil de la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, qui, sur la proposition de M. le Prof. Haller, a bien voulu nous accorder une bourse d'études en 1914.

R. Cornubert,
Préparateur à la Sorbonne.

REVUE D'ENTOMOLOGIE POUR LES ANNÉES 1910-1914

DEUXIÈME PARTIE : STRUCTURE ET PHYSIOLOGIE, DÉVELOPPEMENT ET ADAPTATION[1]

I. — Généralités, Ouvrages, Monographies

La période quinquennale qui a précédé et vu naître la terrible guerre fut des plus fécondes pour la branche de la Science qui nous occupe. Elle débuta par le 1er Congrès international d'Entomologie, qui se réunit à Bruxelles durant le mois d'août 1910, et vit également les assises du second, qui eut lieu à Oxford trois années plus tard. Les notes et mémoires présentés au cours de ces congrès parurent en volume l'année suivante.

J'aurai l'occasion de revenir sur certains d'entre eux; mais, pour l'heure, il convient de signaler, dans le volume de Bruxelles, quatre articles importants consacrés au *mimétisme*. On ne lira pas ces articles sans un réel profit, parce qu'ils sont l'œuvre d'entomologistes de haute valeur et tout remplis d'observations curieuses; mais ce serait une erreur de penser qu'ils apportent une conclusion au problème le plus débattu de la morphologie. Sans doute, trois des auteurs de ces mémoires tiennent le mimétisme pour protecteur et l'envisagent comme un produit de la sélection naturelle ; mais, tandis que K. Jordan l'attribue au polymorphisme issu d'un ancêtre variable propre à l'espèce mimante, B. Poulton n'accepte qu'incomplètement cette vue et oppose le mimétisme mullérien au mimétisme batésien, alors que F. A. Dixey regarde ces deux théories comme complémentaires l'une de l'autre. Quant au quatrième auteur, A. Schaus, le savant lépidoptériste, il reste dans un scepticisme absolu : « J'ai causé avec beaucoup de chasseurs, collectionneurs d'Oiseaux et d'Insectes, écrit-il, et je n'ai jamais pu apprendre que les Oiseaux attrapent des Papillons, si ce n'est dans des cas exceptionnels, et c'est pour cela que je demande à quoi sert le mimétisme[1] ? » Dans une intéressante conférence sur le même sujet, E. Rabaud[2] se prononce également pour la négative et trouve que le mimétisme se résume en une simple conception anthropomorphique de notre esprit. On lira avec avantage, sur ce sujet, une étude critique fort judicieuse de H. Piéron[3] et l'important chapitre que L. Cuénot a consacré au mimétisme et aux phénomènes similaires dans son

1. Voir la partie biologique dans la *Revue gén. des Sciences* du 30 juin 1920, t. XXXI, p. 410.

1. C'est le sentiment qu'exprimait S. D. Judd en 1899, au sujet des Oiseaux des Etats-Unis; mais, dans une note présentée au Congrès entomologique d'Oxford, C. F. M. Swynnerton signale les débris de nombreux Papillons dans les excréments de divers Passereaux sud-africains.

2. Qu'est-ce que le mimétisme? (*Revue du mois*, p. 640-667; 1912).

3. L'évolution de l'opinion scientifique actuelle sur la question du mimétisme (*Scientia*, t. XIV, p. 453-462; 1913).

bel ouvrage sur « *la Genèse des espèces animales* » (1911), qui est un exposé magistral de tous les problèmes relatifs à la Philosophie zoologique.

Durant la même période, A. Berlese a poursuivi la publication de son monumental traité d'Entomologie, *Gli Insetti*, tandis que E. Bugnion consacrait aux *Hexapodes*, ou Insectes, un fascicule de plus de 200 pages, très original, superbement illustré et écrit en un allemand fort clair, dans le *Handbuch der Morphologie* de Lang (1914). A ceux qui désirent connaître les traits essentiels de la classification, de la structure et des mœurs des Insectes, je signalerai le *Sommaire du cours de Zoologie* publié par A. Lameere en 1910-1911 dans les *Annales de la Société de Zoologie et de Malacologie de Belgique;* cet ouvrage est un chef-d'œuvre de netteté, de concision, de profonde science, et, en ce qui concerne les Insectes tout au moins, merveilleusement moderne.

Parmi les monographies parues à la même époque, il faut signaler au tout premier rang celle que W. M. Wheeler a consacrée aux Fourmis sous le titre *Ants, their structure, development and behavior*, un fort volume de 663 pages et 226 figures, où le savant myrmécologue rapporte en grands détails, et avec une bibliographie des plus complètes, le meilleur de nos connaissances sur les industrieuses bêtes qu'il affectionne. En 1912, L. O. Howard, H. G. Dyar et F. Knab ont publié le premier volume de leur grand ouvrage sur les Moustiques de l'Amérique du Nord, de l'Amérique centrale et des Indes occidentales (*The Mosquitoes of North and Central America and the West Indies*), volume consacré à la structure interne et externe, au développement des Moustiques et aux maladies que ces insectes transmettent à l'Homme. Plus récemment (1914), T. D. A. Cockerell a recueilli et mis en ordre, sous le titre de *Monograph of the Bombycinae Moths*, les notes laissées par le regretté A. S. Packard sur les Papillons Saturniens ; ce travail est naturellement fort inégal et tout rempli de lacunes, mais il est extraordinairement riche en notions de toutes sortes, illustré de 113 planches, et précieux surtout par l'étude complète des chenilles de nombreuses espèces ; c'est un instrument indispensable à tous ceux qui s'occupent des Papillons sericigènes et des formes voisines ; il constitue à lui seul un fort volume (vol. XII) des *Mémoires de l'Académie nationale des Sciences de Washington*.

Enfin, pour terminer cette partie générale, je signalerai quelques mémoires où sont passés plus ou moins complètement en revue les caractères morphologiques et anatomiques de certains types spéciaux.

M. Rimsky-Korsakow[1] a étudié la structure et la position systématique des Hexapodes microscopiques découverts en 1907 par F. Silvestri, qui forma pour eux l'ordre nouveau des *Protura;* il montre que ces Hexapodes sont tous dépourvus d'antennes, y compris le *Protapteron* de Schepotieff qui est un simple *Eosentomon*, que cette disparition est un phénomène secondaire dû à la petite taille, comme la disparition des deux paires de stigmates chez certains Protures, et qu'en fait les caractères primitifs du groupe sont la segmentation de l'abdomen en 12 anneaux très nets, et l'apparition progressive de ces anneaux durant le développement post-embryonnaire. Pour lui, les *Protura* forment une classe spéciale qui eut le même ancêtre que les Insectes et les Myriapodes.

Dans un intéressant travail à la fois biologique et anatomique, Jean Feytaud[2] étudie notre *Termite lucifuge*, et met surtout en relief les modifications subies par les insectes de cette espèce quand ils deviennent sexués féconds, rois ou reines ; alors, ils sont nourris de salive par les ouvriers, non plus de bois, et perdent la vaste poche intestinale où s'effectuait la digestion de ce dernier, avec le concours des Protozoaires trichonymphides ; alors également ils perdent leurs ailes, ce qui conduit à la dégénérescence de leurs muscles thoraciques. A la suite de Ch. Pérez, l'auteur établit que les organes génitaux des ouvriers et des soldats subissent un arrêt de développement sous l'influence du régime alimentaire, et non pas une régression.

E. Mjöberg[3] consacre une longue étude à la systématique et à la structure de deux groupes insuffisamment connus, les *Mallophages*, qui pratiquent le commensalisme à la surface du revêtement cutané des Mammifères et des Oiseaux, et les *Anoploures* ou Poux, qui sont parasites des mêmes hôtes. Contrairement à une opinion fréquemment admise qui sépare les deux groupes et rattache les Anoploures aux Rhynchotes ou Punaises, l'auteur voit en eux les descendants de Corrodentia primitifs voisins des Psoques, comme le montrent leur structure générale, leurs organes internes presque identiques, leurs lentes et leurs appendices qui sont du même type. Les Mallophages à antennes en massue (Amblycères) sont en général plus primitifs que les Ischnocères et

1. *Zool. Anz.*, t. XXXVII, p. 164-168, 1911, et *C. R. Soc. des nat. de Saint-Pétersbourg*, t. XLII ; 1911.
2. *Arch. d'Anat. microscop.*, vol. XIII, p. 481-607 ; 1912.
3. *Ark. Zool. Stockholm*, vol. VI, art. 13 ; 1910.

les Anoploures; ces derniers ont subi une adaptation spéciale qui a transformé leur appareil buccal en organe de ponction et de succion, avec une trompe à 4 soies; mais on retrouve dans l'*Arctophthirius trichechi* des mandibules massives dentées, plus primitives par suite que celles reconnues par Enderlein dans le Pou du Porc; de sorte qu'il est impossible d'identifier les 4 soies des Anoploures aux deux paires de soies des Rhynchotes qui représentent les mandibules et les mâchoires.

II. — Partie spéciale

§ 1. — Morphologie

Chez la plupart des autres Insectes, la signification et les homologies des appendices buccaux sont faciles à reconnaître, sauf toutefois celles des maxillules, qui sont de petites saillies paires situées dorsalement à la base de la langue; découverts en 1893 par H. J. Hansen qui les tint pour homologues des *maxillules* des Crustacés, ces organes ne se retrouvent que chez les Insectes adultes les plus primitifs et chez un certain nombre de larves. G. H. Carpenter les a étudiés avec beaucoup de détails dans les larves des Coléoptères du genre *Dascillus*[1], puis dans celles des *Helodes* où elles sont bien plus développées, très complexes et présentent un condyle articulaire[2]. On doit penser, comme l'auteur, que ce sont des organes archaïques.

E. A. Chapman[3] cherche de son côté les homologies des diverses pièces des pattes des chenilles et, pour y parvenir, lèse ou ampute ces organes qui, ordinairement, se régénèrent aux mues suivantes et se développent ensuite chez l'adulte sans grandes modifications. De ces expériences il conclut que les plaques basales des pattes larvaires représentent le coxa et le trochanter, et que les trois autres articles des mêmes pattes sont le fémur, le tibia et le tarse.

§ 2. — Digestion et respiration

En collaboration avec N. Popoff, E. Bugnion a étendu et confirmé ses premières recherches sur la structure et le rôle de *l'appareil buccal des Rhynchotes*[4]; après avoir reçu la sécrétion de deux glandes, le conduit salivaire de chaque côté débouche dans un corps de pompe dont la partie postérieure est un piston actionné par des muscles, et la partie antérieure un tube qui amène la salive dans un canal formé par deux gouttières des mandibules juxtaposées; quand le piston remonte, la salive passe dans ce canal pour pénétrer dans la plaie; quand il revient en arrière, l'aspiration attire la salive produite par les glandes; mais alors entre en action le pharynx suceur qui, par un conduit parallèle au premier et formé de même par deux gouttières, aspire le sang ou la sève issus de la plaie.

L. Bordas, de son côté, s'applique à faire connaître les *glandes buccales des chenilles de Lépidoptères;* il montre que les glandes de Filippi annexées au canal des glandes séricigènes sont à l'état de rudiment chez les espèces qui filent peu, et que les glandes mandibulaires servent en même temps à la digestion et à la défense.

Un très sérieux travail de P. Licent[1] met en lumière la structure et les fonctions du *tube digestif chez les Cicadelles*, surtout chez les Cercopides (*Aphrophora*, *Ptyelus*, etc.), dont les larves se recouvrent d'un liquide spumeux appelé *crachat de grenouille*. L'intestin moyen de ces Insectes se compose de deux dilatations successives et d'une longue anse tubulaire qui vient se terminer, comme la partie proximale ou afférente des tubes de Malpighi, par des sinuosités nombreuses dans l'épaisseur même des parois de la première dilatation; après quoi elle se continue par l'intestin postérieur. Licent montre que l'insecte se débarrasse de l'eau contenue dans la sève par une filtration de celle-ci à travers les parois de la première poche, et que cette eau passe ainsi dans les lacets intestinaux et malpighiens pour arriver à l'intestin postérieur sans traverser la partie libre de l'anse; grâce à une structure spéciale de l'épithélium, la digestion et l'absorption s'effectuent dans cette partie libre et dans la seconde dilatation; les produits excrémentitiels s'accumulent dans ces deux régions pour être rejetés par l'intestin postérieur au moment de la dernière mue. L'écume qui recouvre les larves provient de l'eau de filtration et d'un produit visqueux, analogue à la substance de la soie, sécrété dans la portion moyenne dilatée des tubes de Malpighi; les bulles d'air sont incluses dans le liquide grâce à un mécanisme particulier du bout de l'abdomen. Chez l'adulte, le tube digestif conserve la structure et les fonctions précédentes, mais il n'y a pas de sécrétion visqueuse, et les tubes de Malpighi excrètent normalement sur toute leur étendue. L'auteur étudie la genèse de cette structure qui est le résultat d'une longue évolution.

1. *Quat. Journ.*, t. LVII, p. 393-396; 1912.
2. *Congrès entom. d'Oxford*, p. 208-217; 1913.
3. *Id.*, p. 295-305, pl. XXI-XXV; 1913.
4. *Arch. d'Anat. microsc.*, t. XI, p. 436-456; 1910, et *Arch. Zool. exp.* [5], t. VII, p. 643-674; 1911.

1. Recherches d'anatomie et de physiologie comparées sur le tube digestif des Homoptères supérieurs. *Thèse doctorale;* 1912.

A. Stendel[1] a employé les injections ou l'alimentation à l'oxyde de fer sucré pour connaître le *rôle physiologique des cellules épithéliales de l'intestin* dans les divers ordres d'Insectes, mais surtout chez les Blattes et les Carabes; et il arrive à cette conclusion que ces cellules ne sont pas fonctionnellement différenciées, et que les mêmes jouent tour à tour un rôle dans l'absorption et un autre dans la sécrétion.

G. W. Müller[2], d'autre part, recherche le mécanisme qui permet à beaucoup de larves de progresser à la manière des chenilles arpenteuses, en se servant de leur extrémité anale. La fixation temporaire, dans cette région du corps, s'effectue tantôt par une évagination anale (*Chrysopa*), tantôt par des tubes rectaux armés (30 dans *Luciola italica*) ou inermes (2 dans *Tenebrio molitor*).

Dans ses fines *Recherches physiologiques sur les Insectes aquatiques*, le Dr P. Portier[3] consacre un intéressant chapitre à l'étude des phénomènes digestifs chez les Dytiscides et les Hydrophilides. Bien que leur bouche soit close, les larves des premiers sont des carnassières voraces qui paralysent leur proie et en absorbent aisément la substance : leurs puissantes mandibules en crochet sont traversées longitudinalement par un canal qui s'ouvre près de la pointe et communique en arrière avec le pharynx aspirateur; elles les implantent dans le corps des victimes et, par le canal, injectent dans celles-ci un liquide stupéfiant issu des cellules épithéliales œsophagiennes, puis un suc stomacal noirâtre qui digère sur place les tissus, et les transforme en un fluide qui est aspiré par les mêmes voies grâce à la succion du pharynx. Chez l'adulte, où la bouche est ouverte et où les mandibules sont pleines, la proie est débitée en parcelles qui s'accumulent dans le jabot où s'effectue la digestion sous l'influence du suc stomacal. D'après H. Jordan[4], le suc stomacal du Carabe doré joue un rôle semblable; il en est de même dans les larves du *Lampyris noctiluca* soigneusement étudiées par R. Vogel[5]; ces larves ont un appareil buccal assez semblable à celui des larves de Dytisques, mais encore plus complexe; comme ces dernières, elles implantent leurs mandibules canaliculées dans le corps des Escargots dont elles se nourrissent, injectent en ce point leur suc stomacal digérant et aspirent les liquides issus de cette protéolyse.

Mais je reviens au travail de Portier. Après avoir étudié la digestion et l'appareil digestif plus simples des Hydrophilides, l'auteur expose ses recherches très originales sur la respiration d'un certain nombre de larves aquatiques. Les stigmates sont clos et la respiration s'effectue exclusivement par des branchies trachéennes dans les larves des Phryganes et les chenilles de *Nymphula stratiota*. Il y a une paire de stigmates clos, mais perméables à l'air, dans les larves et les nymphes de Libellules. Les larves des Dytiscides et des Hydrophilides présentent au bout de l'abdomen une paire de stigmates et, en avant de ceux-ci, un appareil protecteur soigneusement étudié et fort différent, au surplus, dans l'un et l'autre groupe. Plus complexe encore, et très clairement décrit, est l'appareil protecteur des fentes stigmatiques terminales chez les larves de l'Œstre du Cheval qui vivent, comme on sait, dans l'estomac de leur hôte, c'est-à-dire dans un milieu très propre à la pollution : les troncs trachéens multiples s'ouvrent au fond de l'atrium qui fait suite aux fentes; la plupart sont normaux, mais une paire se distingue par les groupes de cellules situés au bout de ses ramifications et ces groupes sont justement comparés par l'auteur à des branchies trachéennes renversées. De cette étude très minutieuse est tirée une méthode qui permettra sans doute de lutter efficacement contre les larves d'Œstres, qui sont très épuisantes.

Beaucoup d'autres mémoires ont été consacrés aux Insectes aquatiques durant la période que nous embrassons. A. G. Böving[1] s'occupe des larves des *Donacia* et des *Haemonia* qui se fixent par leurs mandibules sur les racines des plantes immergées et en absorbent la sève par succion pharyngienne; pour respirer, les mêmes larves se servent de leurs stigmates postérieurs transformés en crochets canaliculés pour atteindre l'air inclus dans les lacunes du végétal. J. Deibel[2] étudie également ce dernier phénomène chez les larves des *Haemonia* et il montre comment les antennes permettent à l'adulte de vivre sous l'eau. A signaler également les recherches de F. Brocher[3] sur de nombreux Insectes aquatiques et notamment sur les Ranâtres, Notonectes qui présentent une sorte de cœur accessoire contractile pour permettre au sang de franchir les étroites articulations des pattes. Enfin, pour terminer ce chapitre, un intéressant mémoire de C. Wesenberg-Lund[4] sur l'industrie et le comportement des larves de Phryganides.

1. *Zool. Jahrb., Zool.*, t. XXXIII, p. 166-214; 1913.
2. *Zool. Jahrb.*, suppl. 15, p. 219-240; 1912.
3. *Arch. Zool. exp.* [5], t. VIII, 1911.
4. *Biolog. Centralbl.*; 1910.
5. *Zool. Anz.*, t. XXXIX, p. 515-519; 1912.

1. *Internat. Revue Hydrobiol.*, t. III; 1910.
2. *Zool. Jahrb., Morphol.*, t. XXXI, 107-160; 1910.
3. *Ann. Biol. lacustre Bruxelles*; 1909-10-11.
4. *Intern. Rev. Hydrobiol.*, t. IV, p. 65-90, et Suppl., p. 1-64; 1911.

§ 3. — Circulation, glandes cutanées

Ch. Hollande[1] réunit, critique et étend singulièrement nos connaissances sur l'*autohémorrhée*, c'est-à-dire sur « l'émission de sang effectuée par l'Insecte de son propre mouvement, sous l'influence d'excitants variés ». Il montre que cette émission peut s'observer chez des espèces de tous les groupes aussi bien que chez les Méloïdes et les *Timarcha* où elle était depuis longtemps connue, — que l'émission se produit suivant quatre modes reliés entre eux par des intermédiaires : par rupture d'un point peu résistant, décollement au contact d'un ligament articulaire, plus fréquemment par rupture de la paroi d'une vésicule exsertile, dans les cas où l'adaptation atteint son plus haut stade, par un orifice permanent et préformé. La saignée s'effectue par augmentation de la pression sanguine sous des influences réflexes, l'occlusion par des muscles spéciaux quand les orifices sont permanents, par un caillot quand ils sont transitoires. Le sang des Insectes à hémorrhée n'est pas toujours toxique, de sorte que son rejet ne saurait être spécifiquement défensif, encore qu'il puisse, dans certains cas, servir à la défense. Hollande établit d'ailleurs[2] que les Insectes à hémorrhée ne se distinguent en rien des autres par les éléments figurés du sang, qui appartiennent dans les deux cas à trois types morphologiques et parfois à quatre.

R. Stobbe[3] décrit et figure les *organes odorants abdominaux* propres aux mâles des Noctuelles de la tribu des Trifines et les compare aux organes homologues des Sphingides. Dans les deux groupes, la sécrétion odorante est produite par une glande située dans les flancs (pleurae) du 2e segment abdominal, et munie d'un canal dans lequel s'élèvent des poils; elle est recueillie par d'autres poils implantés dans les pleurae du 1er segment, où ils sont actionnés par des muscles. Cette structure se complique, chez les Noctuelles, par une poche éversible située dans le 4e segment, et par une fente qui rattache cette poche à la dépression; les poils collecteurs sont normalement cachés dans cet appareil, mais, actionnés, font saillie au dehors et récoltent la sécrétion des glandes du côté opposé.

§ 4. — Système nerveux, organes des sens

Le même auteur[4] consacre également un mémoire à l'étude d'un *organe sensoriel abdominal* qu'on observe chez un certain nombre de Lépidoptères et en particulier chez les Noctuelles. Cet organe se compose d'une cavité située sur les flancs du 1er segment abdominal (parfois du 2e), et d'un bourrelet avec des poils sensoriels. Contrairement à la plupart des auteurs qui tiennent l'organe pour auditif, Stobbe conclut de ses expériences que cet ensemble ne sert ni à l'audition, ni à maintenir l'équilibre, non plus que les ailes ou les antennes. Mais il n'en indique pas le rôle, plus prudent que Egger qui, la même année, a étudié l'appareil, et le met au nombre des organes tympaniques.

R. Vogel[1] complète heureusement les travaux de Günther et de Freiling sur *l'innervation et les organes sensoriels des ailes des Papillons*. Avant de pénétrer dans l'appendice, le nerf de chaque aile se divise en trois branches dont les ramifications principales suivent les nervures; chacune de ces branches, peu après son entrée, porte un groupe de cupules sensorielles : le groupe antérieur est en dessus, les deux autres sont en dessous; des cupules éparses, presque toujours dorsales, apparaissent çà et là le long des nervures, et lorsque ces dernières sont près d'atteindre le bord de l'organe, elles portent en dessous une paire de cupules. A signaler également, dans cet ordre de recherches, une fine étude d'E. Guyénot[2] sur les papilles de la trompe des Lépidoptères.

§ 5. — Reproduction et développement

A. Adam[3] étend aux Abeilles solitaires et sociales, aux Guêpes et aux Fourmis les observations de Breslau (1906) sur le *mécanisme du réceptacle séminal*. Comme ce zoologiste, et contrairement à toutes les observations antérieures, il montre que les parois du réceptacle n'ont pas de musculature et que, par suite, la sortie des spermatozoïdes qui se rendent à l'oviducte n'est point le résultat d'une contraction de l'organe. En fait, le réceptacle a un tout autre rôle : sous l'action des muscles situés au voisinage de la poche, le canal réceptaculaire se dilate et *aspire* un petit nombre de spermatozoïdes qui sont refoulés vers l'oviducte quand les muscles cessent d'agir. Chez l'Abeille, au point où le canal rencontre ce dernier, on observe une sorte de valvule qui, d'après l'auteur, favorise ou empêche la fécondation, en appliquant le pôle micropylaire des œufs dans l'entonnoir du réceptacle, ou obligeant les œufs à passer outre; ainsi se produirait, suivant la théorie de Dzierson, des œufs de femelles ou des œufs

1. *Arch. d'Anat. microsc.*, t. XIII; 1911.
2. *Arch. Zool. exp.* [5], t. VI, p. 283-323; 1911.
3. *Zool. Jahrb., Anat.*, t. XXXII, p. 492-532; 1912.
4. *Sitzungsb. Ges. naturf. Freunde Berlin*, p. 93-105; 1911.

1. *Zool. Anz.*, t. XXXVI, p. 193-204; 1910.
2. *Bull. scient. France Belgique*, t. XLIV, p. 279-343; 1913.
3. *Zool. Jahrb., Anat.*, t. XXXV, p. 1-74; 1912.

de mâles; chez les Guêpes et les Fourmis, où cette valvule n'existe pas, les deux actions contraires seraient produites par certains muscles de l'oviducte. Cette activité des muscles dans la fécondation serait volontaire (*willkürliche Muskeltätigkeit*), ce qui paraît bien douteux et tout à fait en désaccord avec les idées de Marchal; mais l'auteur paraît bien être dans la vérité en attribuant l'aspiration et le refoulement des spermatozoïdes à un réflexe produit par l'arrivée des œufs à l'orifice du canal dans l'oviducte.

J. Regen [1] étend et modifie quelque peu ses observations antérieures sur les *Gryllus campestris* qui ont subi la *castration mâle ou femelle* à l'état de larves. Abstraction faite de la stérilité, ils ne diffèrent en rien, par leur comportement, des adultes normaux : mâles, ils stridulent comme les autres mâles et leur poche à spermatophores fonctionne normalement; femelles, ils ne semblent pas différer des autres femelles et enfoncent leur oviducte en terre bien qu'ils n'aient pas d'œufs à déposer. D'après S. Kopéc [2], la castration totale ou partielle des papillons (*Lymantria dispar*) n'a pas plus d'effet; la taille, la couleur, les instincts, tous les caractères sexuels secondaires sont les mêmes; seulement les conduits vecteurs s'hypertrophient par suite de l'espace libre plus grand de la cavité abdominale. Par transplantation sur des chenilles, les gonades se développent normalement, encore que les ovaires restent plus petits chez les mâles; les testicules deviennent plus grands chez les femelles, ce qui dépend encore des espaces libres de l'abdomen; les gonades dégénèrent d'ailleurs quand on les transplante sur d'autres espèces.

La *viviparité* est un phénomène normal dans l'*Hemimerus talpoides* qui vit en commensal, parmi les poils, sur le Rat de Gambie. D'après R. Heymons [3], le développement de cet Orthoptère présente les plus grandes ressemblances avec celui des Forficules, mais l'épithélium des follicules ovariens produit autour de l'œuf mûr une sorte de placenta dans lequel l'amnios de l'embryon envoie des pseudopodes pour se fixer et se nourrir; plus tard, la nutrition s'effectue par une vésicule céphalique. D'après K. Jordan [4], la fécondation intra-ovarienne et la viviparité s'observent également chez les *Polycténides*, qui sont des Hémiptères voisins de la Punaise commune, mais qui pratiquent en permanence le parasitisme sur les Chauves-souris tropicales; l'auteur ne dit pas toutefois si les embryons de ces insectes présentent un placenta et une vésicule trophique. L'*adaptation au régime parasitaire* atteint un très haut stade dans cette famille, où elle a été fort bien esquissée par G. Horvath [1].

Parmi les bonnes études consacrées au *développement des Insectes*, il faut signaler un mémoire de J. Philiptschenko [2] sur un petit aptère du groupe des Collemboles, l'*Isotoma cinerea*, — un autre de D. Keilin [3] où il est établi que le Diptère antarctique, *Belgica antarctica*, appartient au groupe des Chironomides et ne commence à présenter une réduction alaire qu'au moment de la métamorphose; — un ensemble d'opuscules où C. Vaney [4] résume ses longues et patientes recherches sur la migration de l'Œstre bovin (*Hypoderma bovis*) depuis le moment où l'œuf, léché et avalé, donne une larve primaire qui pénètre dans les parois de l'œsophage ou de la panse, jusqu'à celui de larve sédentaire (*varron*) logée sous la peau où elle produit une tumeur avec un trou pour la respiration; entre ces deux extrêmes se trouve une forme migratrice qui se rend de l'œsophage à la peau en suivant le diaphragme ou le péritoine et en traversant le canal rachidien. Contrairement à Strose (1910) et conformément aux idées de Jost (1907), il montre que cette migration curieuse est absolument nécessaire.

Une mention spéciale doit être accordée aux *Recherches histologiques* de Ch. Pérez [5] *sur la métamorphose du Calliphora erythrocephala*, ou Mouche bleue de la viande. Ce travail considérable passe en revue tous les organes à l'exception de système nerveux et du cœur, et, contre Berlese surtout, insiste sur l'importance de la phagocytose au cours des phénomènes d'histolyse; ce sont les phagocytes, notamment, qui, attirés par leur chimiotropisme, pénètrent dans les muscles somatiques, les dissocient en parcelles qu'ils englobent et alors, sous la forme de sphères, de granules, se répandent partout grâce à leurs mouvements amiboïdes, apportant aux tissus en prolifération des substances nutritives, accélérant au contraire, par une phagocytose nouvelle, les tissus qui doivent disparaître. La dégénérescence des cellules phagocytées n'est point de règle dans la phagocytose et, comme le montrent les tubes de Malpighi, toute dégénérescence n'est pas le signe d'une disparition prochaine des tissus. Comme chez les Fourmis, le début

1. *Zool. Anz.*, t. XXXV, p. 427-432; 1910.
2. *Arch. Entwicklungsgesch.*, t. XXXIII, p. 1-116; 1911.
3. *Zool. Jahrb.*, suppl. 15, t. II, p. 141-184; 1912.
4. *Congrès entomolog. d'Oxford*, p. 342-350; 1913.

1. *Congrès entomol. de Bruxelles*, p. 249-256; 1910.
2. *Zool. Anz.*, vol. XXXIX, XLIII, XLIX, et *Zeit. wiss. Zool.*, t. CIII, p. 519-560; 1912.
3. 2e Exp. antarct. franç., Diptères, p. 217-231; 1913.
4. *Comptes rendus Ac. des Sc.*, t. CLII, p. 283; 1911, et *Congrès zool. Monaco*, p. 665-667; 1913.
5. *Arch. Zool. exp.* [5], t. IV, p. 1-274; 1910.

de l'histogénèse précède celui de l'histolyse, et « ce qui disparaît totalement, ce sont les parties les plus strictement spécialisées de la larve... ce qui s'édifie totalement à nouveau, ce sont les parties les plus spécialisées de l'imago »; comme chez les Fourmis également, les cellules larvaires sont ordinairement beaucoup plus grandes et moins nombreuses que celles de l'adulte; leur différenciation précoce arrête leur pouvoir de multiplication; et leur développement exagéré inhibe momentanément celui des autres cellules embryonnaires qui se réveilleront plus tard et semblent bien être le type fondamental, les autres n'étant qu'une forme d'adaptation.

A signaler enfin, pour clore ce chapitre, une très intéressante étude du regretté P. Pantel[1] sur *l'éthologie et l'histologie des larves de Diptères entomobies* ou parasites internes. Cette étude montre d'abord comment le Diptère arrive à contaminer l'hôte, depuis les formes qui se contentent d'accoler leur œuf sur celui-ci (*Meigenia*), jusqu'à celles qui le déposent sur l'aliment larvaire où il sera ingurgité au moment des repas (*Ugimyia* parasite du ver à soie au Japon); en ce point, l'auteur adopte, dans ses traits essentiels, le groupement établi par Townsend en 1909, mais il le modifie et l'étend beaucoup, car il ne se borne pas aux Tachinaires. Les larves présentent des rapports très divers avec leur hôte; elles sont libres dans la cavité générale chez les Sarcophagides, logées dans un sac chez les Tachinaires. Ce sac est produit par une invagination de la peau ou d'une trachée principale de l'hôte; il s'ouvre à l'extérieur ou dans la trachée par un orifice primitif ou secondaire, œuvre de la larve qui respire par cette voie. Au début, le parasite se nourrit du plasma de son hôte (plasmophagie), ensuite de plasma et de substance grasse (hémo-stéatophagie), puis il quitte le sac et, aux deux aliments qui précèdent, ajoute ceux qu'il tire des tissus de l'hôte (hémostéato-sarcophagie); si bien que le sac chitineux n'entrave nullement la nutrition du parasite, encore qu'il soit produit par une réaction défensive de l'hôte. Certains de ces faits et beaucoup d'autres que je ne puis signaler ne sont pas nouveaux; le grand mérite de l'auteur est de les avoir savamment groupés, éclaircis, et étendus à de nombreuses formes dans une œuvre que devront consulter tous les biologistes.

§ 6. — Insectes cycliques

L'alternance de générations agames et de générations sexuées qui caractérise les Insectes cycliques peut se modifier beaucoup sous l'influence du milieu nutritif. L. Semichon[1] a précisé ce mécanisme en mettant à profit la longue coexistence, sur le Tilleul, de feuilles jaunissantes et de feuilles vertes; il a nourri, sur des feuilles fraîches de l'une et l'autre sorte, les parthénogénétiques ailés du Puceron du Tilleul (*Pterocallis tiliae*) et obtenu des individus agames quand ses élèves étaient nourris de feuilles bien vertes, des sexués mâles ou femelles en se servant de feuilles jaunissantes, c'est-à-dire presque sans chlorophylle. D'autre part, Grassi et ses élèves (1908-1909) ont observé qu'en Italie tout au moins, les agames aptères du *Phylloxéra de la vigne* peuvent se multiplier indéfiniment sur les racines qu'ils épuisent, sans produire des émigrants ailés sexupares, faute sans doute de la vigne américaine où les agames issus de la fondatrice évoluent en gallicoles qui descendent sur les racines. Des phénomènes analogues ont été mis en évidence par P. Marchal[2] dans la magnifique étude que ce biologiste a consacrée aux *Chermésiens*. On croyait notre *Chermes pini* agame et monoïque, localisé sur le Pin sylvestre; Marchal a montré qu'en fait cette monœcie est un phénomène secondaire : l'espèce donne toujours des agames sexupares qui se bornent à produire des mâles sur notre Epicea (*Picea excelsa*), tandis qu'ils engendrent des individus de l'un et l'autre sexes sur le *Picea orientalis* où vient se clore le cycle du Chermes.

§ 7. — Relations entre végétaux et insectes

Dans la partie systématique de cette revue, M. Lesne dira ce qu'il pense de la réédition et de l'extension du monumental ouvrage de Houard sur *les Zoocécidies d'Europe*. Je signalerai simplement ici un important mémoire où A. Cosens[3] étudie les relations des larves d'Insectes avec les galles qu'elles produisent. Certaines larves dévorent tous les tissus à l'intérieur de la galle, d'autres sécrètent une diastase salivaire qui transforme en sucre l'amidon des cellules, et absorbent l'aliment sans léser les parois de celles-ci. D'après l'auteur, cette production de sucre par le stimulant diastasique est la cause de la galle, c'est-à-dire de l'hypertrophie cellulaire dans la région atteinte. Quelques expériences directes semblent justifier cette théorie : « La diastase en solution fut injectée en divers points dans des haricots de Windsor germant... Quand la place choisie était juste au-dessous de l'arc de l'hypocotyle, on obtint nettement un grand cal

1. *La Cellule*, t. XXVI, p. 25-216; 1910.

1. *Comptes rendus Ac. des Sc.*, t. CLIII, p. 974-976; 1911.
2. *Ann. des Sc. nat., Zool.*, t. XVIII, 153-385; 1913.
3. *Trans. Canad. Institute*, t. IX, n° 22; 1912.

dans certaines expériences. » Plus heureux encore, Marin Molliard a pu provoquer en 1917 la formation des galles ovariennes du Coquelicot en injectant dans le stigmate de cette plante une liqueur extraite des larves de l'*Aulax papaveris* qui est l'agent normal de ces galles.

Les relations de certains cryptogames avec les Insectes sont tout autres et de nature symbiotique. P. Buchner[1] a étudié les *symbiotes cryptogamiques* dans plusieurs espèces; ils appartiennent au groupe des Bactéries dans les Blattes, mais à celui des Levures dans les Homoptères où leur présence est presque de règle. Ils vivent au cœur même de cellules ou mycétocytes qui se groupent souvent en mycétomes; ils n'atteignent pas le noyau qui peut se diviser, et passent dans l'œuf ou dans l'embryon intra-ovarien par l'épithélium folliculaire. K. Sulc[2] a spécialement porté ses recherches sur les mycétomes des Homoptères, où ils étaient désignés sous les noms de « masse verte » et de « pseudo-vitellus »; il a pu en isoler les Levures et cultiver ces dernières, qui peut-être, dit-il, jouent un rôle, par leur diastase, dans la nutrition de l'Insecte. U. Pierantoni[3] est bien plus explicite; pour lui, le rôle de ces Levures est d'invertir le sucre absorbé par les Cochenilles et autres Homoptères; d'ailleurs cet auteur justifie complètement les expériences de Sulc et montre que cette symbiose est héréditaire, le parasite pénétrant dans l'œuf par le micropyle.

Les relations des Cryptogames et des animaux affectent plus souvent la forme parasitaire, mais alors, dans bien des cas, les Insectes servent simplement à inoculer le parasite.

C'est ainsi que les Poux sont aujourd'hui rangés au nombre des Insectes les plus dangereux: en 1910, Edmond Sergent et H. Foley[4] ont établi que le Pou des vêtements joue un rôle dans la propagation de la *fièvre récurrente*, et Charles Nicolle[5] qu'il est l'agent inoculateur du *typhus exanthématique* qui fit tant de victimes durant la grande guerre. La découverte de Nicolle est importante parce qu'elle a permis d'enrayer le fléau, du moins dans nos régions; elle fut le résultat d'observations comparatives très sérieuses et d'inductions que corroborèrent des expériences sur divers Singes et notamment sur le *Macacus sinensis*.

D'autre part, A. W. Bacot et C. J. Martin[1] ont démontré que le *Bacille pesteux* n'est pas toujours introduit dans l'organisme au moyen des excréments de la Puce contaminée lorsque le patient se gratte à la suite d'une piqûre. En piquant, l'insecte peut inoculer le Bacille lorsque celui-ci s'est multiplié d'une façon intense dans le proventricule, où il forme une masse gélatineuse qui ferme l'organe en arrière en refoulant son appareil valvulaire. Alors, le sang aspiré par la Puce au cours de nouvelles piqûres reste forcément dans l'œsophage et, avec ses Bacilles, reflue dans l'appareil buccal au moment des ponctions. D'ailleurs, cet embarras ne cause généralement pas la mort de l'insecte, car la masse gélatineuse subit une autolyse qui permet au Bacille de passer dans l'estomac, puis dans les excréments.

Pour clore cette revue, j'ajouterai que C. H. T. Townsend[2] attribue à un moucheron piqueur, le *Phlebotomus verrucarum*, une maladie grave qui sévit dans les Andes péruviennes, la *verruga*, ainsi nommée parce qu'elle se manifeste au dehors sous la forme de verrues. La maladie se développe dans les canyons étroits, chauds, et riches en végétation qui servent de gîte à l'insecte; l'auteur a pu la produire chez les Chiens avec des Phlébotomes triturés, rarement avec le sang d'un Homme malade, ce qui tient sans doute à ce fait que le réservoir à virus est un animal du pays, et que la toxicité du parasite s'atténue chez l'Homme.

E. L. Bouvier,
Membre de l'Institut, Professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

1. *Arch. Protistenk.*, Jena, t. XXVI, p. 1-111; 1912.
2. *Prag. Vestn. Kral.*, 1910, nos 3 et 14.
3. *Arch. Protistenk.*, Jena, t. XXXI, 1913.
4. *Ann. Institut Pasteur*, t. XXIV, p. 337-373; 1910.
5. *Id.*, p. 242-275; 1910.

1. *Journ. of Hygiene*, Plague suppl. III; 1914.
2. *Bull. of entom. Researches*, t. IV, p. 125-128; 1913.

BIBLIOGRAPHIE
ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Laboureur (M.), *Ingénieur, Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.* — **Cours d'exercices sur le Calcul mathématique, algébrique, différentiel et intégral.** — 1 *vol. in-8° de* 318 *p. avec* 230 *fig.* (*Prix cart.* : 30 *fr.*). *Ch. Béranger, éditeur, Paris et Liége*, 1920.

M. Laboureur est l'auteur d'un *Cours de calcul algébrique, différentiel et intégral* à l'usage des ingénieurs, que la *Revue* a eu l'occasion de signaler précédemment[1]. Ce cours renfermait les énoncés de nombreux exercices, dont l'auteur donne ici les solutions. Mais, comme une série de solutions placées à la suite les unes des autres n'aurait eu d'intérêt que pour les lecteurs du premier ouvrage, M. Laboureur les a groupées par chapitres, en rappelant, au commencement de chacun d'eux, les formules que l'on doit savoir et les méthodes qu'il faut appliquer pour trouver ces solutions.

Ce nouvel ouvrage constitue donc un tout par lui-même, et il rendra les plus grands services aux ingénieurs, en particulier, en leur permettant de résoudre d'une façon sûre la plupart des exercices de Mathématiques qui leur sont utiles. C. M.

De Fleury (R.) et **Labruyère** (R.). — **Des emplois de l'aluminium dans la construction des machines.** — 1 *brochure de* 56 *pages in-8° avec* 32 *fig.* (*Prix* : 3 *fr.*). *Dunod et Pinat, éditeurs, Paris*, 1919.

MM. de Fleury et Labruyère, fondeurs à Choisy-le-Roi, ont tout spécialement utilisé l'aluminium et ses alliages dans les machines et ils ont résumé très succinctement les résultats de leurs observations et de leur pratique industrielle. La légèreté de l'aluminium et de ses alliages riches en aluminium permet en effet d'accélérer la vitesse des moteurs à mouvements alternatifs; la masse du piston en alliage léger d'aluminium, beaucoup plus légère que celle des anciens pistons en fonte, absorbe moins d'effort au moment des changements de direction. La résistance des pièces soumises à des vibrations ou à des efforts dangereux — de fouettement, de flambage, par exemple — peut être grandement accrue en augmentant les sections, tout en diminuant le poids, grâce aux alliages légers d'aluminium. La légèreté de ces alliages permet également d'améliorer la suspension et l'adhérence des véhicules automobiles, par suite d'augmenter leur durée. Ce sont ces considérations que MM. de Fleury et Labruyère exposent en quelques pages dans les six premiers chapitres de leur brochure.

Dans les chapitres suivants, les auteurs envisagent l'emploi de l'aluminium dans la construction des machines électriques, dans l'élaboration d'outils puissants, légers et transportables (tambours de treuil, culasses de moteurs, voire même affûts de canon), dans l'obtention d'organes mécaniques complexes dont la rigidité serait assurée par simple coulée avec le minimum d'assemblages et d'ébauche, et enfin dans la construction d'organes mécaniques résistant à l'attaque d'un grand nombre de produits chimiques. Pour éviter les actions destructives et électrolytiques qui se produisent entre les métaux usuels, MM. de Fleury et Labruyère préconisent l'interposition de pièces en alliages renfermant un peu d'aluminium et ils terminent en rappelant qu'au point de vue français il y a intérêt à développer l'emploi de l'aluminium puisque son principal minerai, la bauxite, se trouve en France en grandes quantités.

PAUL NICOLARDOT,
Docteur ès Sciences, Professeur à l'Ecole supérieure d'Aéronautique.

1. *Revue gén. des Sc.* du 15 juin 1914, p. 568.

2° Sciences physiques

Lyon (Dorsey A.) et **Ralston** (Oliver C.). — **Recovery of Zinc from low-grade and complex Ores** [Bulletin 168 du Bureau of Mines]. — 1 *broch. in-8° de* 145 *pages avec* 23 *fig.* (*Prix* : 20 *cents*). *Government Printing Office, Washington*, 1919.

Cette brochure fait partie de la série des publications du Bureau des Mines américain, donnant les résultats des travaux entrepris par ce Bureau pour le traitement des minerais américains difficiles ou impossibles à traiter avec les procédés métallurgiques actuels couramment appliqués.

Le traitement des minerais de zinc à faible teneur ou des minerais complexes est l'un des problèmes les plus difficiles qui se posent actuellement aux métallurgistes. Les auteurs signalent les pertes énormes de zinc résultant de ce qu'une quantité importante de ce métal est laissée dans le minerai traité pour un autre métal, le plomb en particulier. C'est ainsi qu'aux water-jackets le zinc des concentrés de plomb est perdu à peu près en totalité; or, avec les procédés de lavage actuels, la séparation du zinc et du plomb est très mauvaise; même avec le flottage différentiel, qui représente cependant un réel progrès, on laisse encore fréquemment de 15 à 20 % du zinc du minerai dans les concentrés de plomb.

Des essais de grillage de minerais sulfurés complexes suivis de séparation magnétique ont donné des résultats très variables ; dans certains cas cependant, l'on a obtenu des concentrés marchands. Des essais de grillage en vue de lixiviation ultérieure (grillages chlorurant, sulfatant, etc.) ont montré que le problème le plus difficile à résoudre n'était pas la mise en solution du zinc, mais bien la précipitation de ce dernier de ses solutions. La précipitation électrolytique est la seule qui puisse être appliquée ; elle nécessite une première mise de fonds considérable. La précipitation par voie chimique est très difficile; les solutions de chlorure sont précipitées aisément par la chaux, mais le produit obtenu n'est pas d'une pureté élevée. Les solutions de sulfate ne peuvent être précipitées économiquement par aucun procédé direct connu; il est nécessaire de les transformer en solutions de chlorure. Quant aux solutions de sulfite, la question n'est pas encore résolue.

La dissolution des minerais oxydés présente aussi de sérieuses difficultés, car presque tous les minerais contiennent des minéraux consommant de l'acide autres que ceux du zinc. L'emploi de l'acide sulfurique met en liberté de la silice gélatineuse : il est alors nécessaire de chauffer le mélange, de le faire « fumer » pour décomposer l'acide silicique. L'acide sulfureux est également d'un emploi difficile, la solution obtenue devant être filtrée acide et de ce fait entraînant une forte proportion d'impuretés. La soude caustique et les solutions ammoniacales n'attaquent pas les silicates de zinc qui existent dans presque tous les minerais de zinc oxydés; la précipitation des solutions ainsi obtenues est difficile et tout au moins coûteuse.

M. DESMARETS.

3° Sciences naturelles

Mac Farlane (John Muirhead), *Professeur de Botanique et Directeur du Jardin botanique de l'Université de Pensylvanie.* — **The causes and course of organic Evolution. A Study in Bioenergics.** — 1 *vol. in-8° de* 875 *p. avec* 29 *fig. et* 4 *pl. dont* 3 *en couleurs* (*Prix cart.* : 4 *doll.*). *The Mac Millan Company, New-York*, 1918.

Dans ce volume de plus de 800 pages, M. J. Muirhead Mac Farlane a envisagé le problème de l'Evolution d'une

façon beaucoup plus large et beaucoup plus complète qu'on ne le fait habituellement.

Les quatre premiers chapitres, qui intéressent surtout les physiciens, sont consacrés à l'étude de l'évolution de la matière et des origines possibles de la vie.

Les quinze chapitres suivants traitent de l'Evolution organique, et là l'auteur s'est surtout placé au point de vue de la Biologie végétale, sans négliger pourtant le monde des animaux : le xve chapitre est spécialement consacré à l'*Evolution physique de l'Homme*.

Dans les derniers chapitres enfin, dont l'ensemble constitue presque le tiers de l'ouvrage, M. J. Muirhead Mac Farlane a longuement examiné les processus de l'Evolution mentale de l'Homme, s'étendant par exemple sur l'origine de nos idées morales et religieuses ainsi que sur le rôle particulier qu'elles jouent dans le développement de l'esprit humain. Le xxxe et dernier chapitre a pour objet l'exposé des vues de l'auteur sur la marche probable de l'Evolution mentale humaine dans l'avenir. Notons que ces vues sont nécessairement quelque peu imaginatives, car vouloir prédire la marche probable d'une Evolution future paraît impliquer quel'on pense que l'Evolution suit une marche dans un certain sens déterminé ; et c'est là une vue de l'esprit.

Si l'on ne tenait pas compte de la très grande étendue du champ qu'il s'est assigné, on pourrait sans doute reprocher à l'auteur d'avoir trop peu illustré, surtout dans les chapitres xi à xx, d'exemples topiques ses développements généraux. Mais M. J. Muirhead Mac Farlane a certainement eu en vue une vaste synthèse qui excluait dans sa pensée un exposé détaillé de faits concrets.

Tel qu'il est, avec son allure parfois trop métaphysique à mon gré, surtout dans sa dernière partie, le livre de M. J. Muirhead Mac Farlane intéressera vivement cependant tout à la fois les physiciens, les biologistes, les sociologues et les philosophes, qui y trouveront traités un ensemble de problèmes qui forment bien un tout, comme l'a justement compris l'auteur, mais qu'on ne trouve que rarement rassemblés en ce temps où la spécialisation dans l'étude des faits entraîne de plus en plus une spécialisation parallèle dans les efforts de l'esprit.

R. Anthony.

4° Sciences médicales

Lauder Brunton (Sir), *Membre de la Société royale de Médecine, Médecin honoraire de l'Hôpital St-Barthélemy de Londres.* — **Thérapeutique de la circulation**. *Traduit d'après la 2e édition anglaise par le D^r* Françon, *médecin consultant d'Aix-les-Bains.* — 1 *vol. grand in-8° avec* 111 *fig.* (*Prix* : 16 *fr.* 50). *Librairie Félix Alcan, Paris*, 1920.

La seconde édition de la *Thérapeutique de la circulation* de Sir Lauder Brunton, dont le Dr Françon vient de donner la traduction française, est un traité de la physiologie du cœur.

Dans sa première édition, l'éminent clinicien de l'Hôpital St-Barthélemy s'était limité à l'exposé de ses recherches personnelles sur la circulation, alors que, dans cette nouvelle publication, il a condensé les travaux classiques sur la circulation. Peut-être pourrait-on faire quelques réserves sur la conception même de ces exposés; alors que certaines théories sont développées largement, d'autres non moins intéressantes sont passées sous silence ou à peine indiquées par une ligne. Cette inégalité est particulièrement marquée dans l'étude de l'innervation extrinsèque du cœur et dans l'exposé des théories neurogénique et myogénique de la contraction rythmique du cœur. Les quelques lignes consacrées à l'action des sécrétions internes sur l'appareil circulatoire sont non seulement insuffisantes, mais soulèveront des critiques sur les interprétations données.

La pathologie de la circulation est l'objet d'un chapitre où sont traités successivement le blocage du cœur, le goitre exophtalmique, les effets de l'émotion sur le tonus, etc. Il est difficile de suivre l'auteur dans cette série de courtes notes sans liaisons entre elles.

Les derniers chapitres de l'ouvrage répondent au titre même, à la thérapeutique de la circulation. L'auteur accorde une juste place au traitement physique : repos, massage, exercices. Il y aurait eu intérêt à développer les méthodes suédoises qui ont donné de si bons résultats, trop méconnus des cliniciens français. Parmi les médications toni-cardiaques, l'auteur accorde naturellement une importante place à la digitale, dont il a étudié l'action depuis 1866, et insiste sur ses effets hypertenseurs qui font de ce médicament un agent à la fois si précieux et si dangereux.

La *Thérapeutique de la circulation* est un ouvrage intéressant, par les idées originales de son auteur. Elle ne saurait toutefois constituer un traité complet des maladies du cœur et de leur traitement.

J.-P. Langlois.

5° Sciences diverses

Gautier (E. F.), *Professeur à l'Université d'Alger.* — **L'Algérie et la Métropole.** — 1 *vol. in-16 de* 255 *p., avec 4 graphiques* (*Prix* : 5 *fr.*). *Librairie Payot et Cie, Paris*, 1920.

Il y a quelque dix ans, M. E. F. Gautier publiait sur *la Conquête du Sahara* un essai de psychologie politique, aussi documenté et riche d'idées qu'agréable à lire. Après avoir contribué par ses explorations à nous faire connaître le Sahara, non seulement par le livre précité, mais aussi par son traité géographique du *Sahara algérien*, voici qu'il nous aide à « découvrir » l'Algérie, car notre France africaine est encore à découvrir pour la grande majorité de nos compatriotes, en dépit d'une littérature beaucoup plus copieuse et fantaisiste qu'exacte et impartiale. Son livre sur *l'Algérie et la métropole* est encore un essai de psychologie du peuple algérien écrit par un observateur très fin, très pénétrant et bien placé. L'ouvrage se compose d'une série d'études, apparemment disparates et sans liens, mais inspirées du même esprit, qui toutes comportent une « moralité », si je puis dire, et qui illustrent, en quelque sorte, soit la mentalité algérienne, soit la mentalité métropolitaine vis-à-vis de sa colonie. Cette conclusion des faits eux-mêmes fait l'originalité et l'agrément du livre.

La psychologie de la conquête de l'Algérie ressort des deux premiers chapitres, dont le plus important est consacré à une enquête personnelle menée par l'auteur aux grottes du Dahra. Les méthodes d'exploitation de la métropole sont illustrées par deux cas concrets : la lamentable histoire de l'Ouenza et celle d'un chemin de fer manqué, pour avoir voulu transplanter en Afrique nos procédés administratifs. L'emprise sur les cervaux français du charme que dégage la terre algérienne est montrée dans les deux biographies consacrées au père de Foucauld, massacré pendant la guerre dans son ermitage saharien, et au biologiste Maupas. M. Gautier aurait pu en ajouter une troisième, non moins intéressante, s'il avait connu Emile Masqueray, qui, à côté de ses ouvrages d'histoire et de philologie, nous a laissé ses pénétrants *Souvenirs et visions d'Afrique*. Le « sang des races » latines qui bouillonne en Algérie est étudié à propos des émeutes antijuives, et le livre se termine — après avoir ainsi envisagé dans des cas concrets tous les aspects du problème algérien — par l'examen de la question indigène, la plus difficile de toutes à résoudre, en raison des contrastes entre les morales et les mentalités, en raison de la brièveté de leur contact, qui fait que, selon l'expression géographique que l'auteur adapte très justement à cette situation, on commence à peine de noter l'apparition, dans les deux sociétés européenne et arabe, d'un « métamorphisme de contact ».

Pierre Clerget.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS
Séance du 7 Juin 1920

M. **H. K. Onnes** est élu Correspondant pour la Section de Physique, en remplacement de Sir W. Crookes, décédé.

1° Sciences mathématiques. — MM. **L. Barbillion** et **M. Dugit** : *L'échelle rectiligne à divisions équidistantes appliquée à la mesure et à la division des angles et les appareils de mesure à sensibilité constante*. Les auteurs proposent d'utiliser la spirale d'Archimède ou la développante de cercle pour ramener à la mesure et à la division d'un segment de droite qui lui est proportionnel la mesure d'un angle et la division d'un angle en un nombre quelconque de parties égales. En adoptant la spirale d'Archimède, ils ont construit un rapporteur à alidade qui permet, avec un limbe de 20 cm. de diamètre, d'apprécier sans vernier un angle au 1/10e de degré.

2° Sciences physiques. — Mlle **P. Collet** : *Reproduction de la parole par la galène et les ondes entretenues*. L'auteur a constaté qu'une galène sensible à pointe de platine, intercalée dans un circuit à ondes entretenues, fonctionne comme un récepteur haut parleur. Si l'on intercale dans le circuit un microphone à charbon devant lequel on parle, la galène constitue un véritable récepteur microphonique. L'origine du phénomène semble être d'ordre thermique. — MM. **Léon** et **Eug. Bloch** : *Excitation du spectre de bandes de l'azote par des électrons de faible vitesse*. Les auteurs ont constaté spectroscopiquement qu'il est possible d'exciter le rayonnement de l'azote sous un potentiel critique voisin de 10 volts, valeur légèrement supérieure à celles qui ont été déterminées électriquement par d'autres expérimentateurs. L'exemple de l'azote montre que les spectres de bandes, comme les spectres de raies, peuvent être excités par choc électronique sous un voltage nettement inférieur au potentiel d'ionisation (18 volts). — M. **G. Guilbert** : *Sur l'application des cirrus à la prévision du temps*. 1° En règle générale, les cirrus viennent du centre de dépression : cirrus Nord, dépression au N; cirrus Sud, dépression au S. 2° La vitesse des cirrus est en relation directe avec l'importance du centre cyclonique : cirrus rapides, forte bourrasque; cirrus lents, faible dépression. 3° De même que les cirrus annoncent un centre de dépression, encore invisible, peut-être même inexistant à l'heure de l'observation, la présence d'un centre cyclonique éloigné permet la prévision de la direction de futurs cirrus encore inobservés. — M. **C. Raveau** : *De la variance et des moyens d'en présumer la valeur sans l'aide d'aucune formule*. L'auteur étudie la variance dans le cas de quelques systèmes hétérogènes. Si le nombre des corps mis en œuvre est 2, la variance est au plus 1 + 2. Elle atteint cette valeur si une augmentation de la quantité d'un des deux corps entraîne nécessairement un changement de composition des parties du système. La variance tombe à 0 + 2 si une variation de la proportion des 2 corps mis en œuvre n'entraîne pas de changements de composition. — M. **P. Bary** : *La viscosité des solutions colloïdales*. Les colloïdes qui entrent en suspension dans le milieu choisi sans le secours d'aucun agent extérieur fournissent des liquides où le colloïde se dégonfle progressivement avec le temps jusqu'à un degré qui dépend de la concentration et de la température. Le dégonflement s'accentue avec la dilution et tend vers zéro pour la concentration nulle. Ce résultat, déduit des mesures de viscosité, paraît d'accord avec les observations ultramicroscopiques, qui montrent la grosseur des granules augmentant avec la concentration, et confirme que cette augmentation se fait par polymérisation de la matière avec accroissement des propriétés colloïdales. — MM. **M. Delépine** et **L. Ville** : *Sur le chlorure de brome; sa combinaison avec l'éthylène*. Les auteurs ont répété avec succès l'expérience de Simpson et James, préparant le chlorobromure d'éthylène en dirigeant de l'éthylène dans une solution chlorhydrique de chlorure de brome, obtenue en faisant absorber Cl par Br placé sous une couche d'HCl étendu de son volume d'eau. ClBr, dont l'existence avait été niée pour des raisons d'ordre physicochimique, existe donc bien à l'état de composé défini. — MM. **Ch. Moureu** et **G. Mignonac** : *Acidylcétimines*. Les combinaisons azotobromomagnésiennes RR'C : N Mg Br, en agissant sur les chlorures d'acides, se comportent comme des magnésiens affaiblis, comparables aux dérivés organozinciques mixtes; la réaction est limitée à une double décomposition, et l'on obtient ainsi, directement, les dérivés acidylés des cétimines (acidylcétimines) RR'C : N. CO. R''. Ce sont de longues aiguilles prismatiques incolores, solubles dans l'eau et l'alcool, hydrolysables par les acides dilués en une cétone R.CO.R', un acide R''COOH et NH^3. — MM. **H. Gault** et **R. Weick** : *Cas d'isomérie dans la série des α-cétoacides aromatiques*. Les auteurs ont préparé l'éther phénylpyruvique par hydrolyse directe de l'éther phénylcyanopyruvique en milieu alcoolique. On obtient un corps liquide, Eb. 148°-149° sous 15 mm., différent de l'éther solide de Bougault. On se trouve en présence de deux isomères; l'éther solide, F. 51°-52°, se transforme d'ailleurs en éther liquide par simple distillation. — MM. **J. Bougault** et **J. Perrier** : *Nouvelles recherches relatives à l'action de l'acide cyanhydrique sur le glucose*. En présence d'un excès de glucose, le cyanure de potassium se combine totalement avec ce dernier. Si l'on administre le produit de la réaction à un cobaye, celui-ci n'en est pas incommodé. Le glucose pourra donc être employé comme contrepoison dans les intoxications par HCN. On devra, d'autre part, tenir compte de la présence des sucres réducteurs dans la recherche de HCN.

3° Sciences naturelles. — M. **G. Bonnier** : *Sur les changements, obtenus expérimentalement, dans les formes végétales*. L'auteur a transplanté des plantes, prises en plaine, à diverses altitudes, sur le même sol, depuis 30 ou 35 années, dans les hautes régions des Alpes et des Pyrénées. Les pieds d'un certain nombre de ces espèces ainsi transportés se sont souvent modifiés par l'adaptation au point de devenir identiques à des formes alpines qui ont été décrites par les auteurs comme des espèces de premier ordre. Ces faits sont en faveur de l'hypothèse lamarckienne qui attribue au changement de milieu l'une des causes principales de la transformation des organismes. — M. **H. Ricome** : *Sur des phénomènes de torsion comparables à l'enroulement des vrilles provoqués expérimentalement*. Sous l'effet du géotropisme seul, ou du géotropisme combiné avec l'héliotropisme, il est possible d'obtenir expérimentalement, sur des tiges de Fève par exemple, une torsion comparable à l'enroulement de la partie libre des vrilles. Il suffit d'immobiliser à ses deux extrémités une portion de la tige dans la région de croissance. Les feuilles n'interviennent pas dans la réaction, ni la transpiration. Lorsqu'on libère la tige, la torsion tend à disparaître dans la région encore en voie de croissance. — M. **F. Moreau** : *Les différents aspects de la symbiose lichénique chez le* Ricasolia herbacea *D. N. et le* Ricasolia amplissima *Leight*. Chez les *Ricasolia*, l'auteur a observé toute la série des formes de la symbiose, comprenant des céphalodies externes, au caractère évident de cécidies, des céphalodies immergées, où la lutte entre l'algue et le champignon se termine souvent par la mort de la première, et des céphalodies érumpantes, où la tolérance plus grande des deux organismes permet au

complexe d'acquérir les caractères du thalle ordinaire d'un lichen nouveau. Ces observations confirment la nature pathologique de la symbiose lichénique émise par l'auteur. — M. **J. Stoklasa** : *Action de l'acide cyanhydrique sur l'organisme des plantes.* L'acide cyanhydrique est un excellent agent de désinfection des semences, dont l'emploi, comme l'ont montré les essais faits en grande culture, assure un meilleur départ à la végétation, ce qui favorise le développement des plantes et leur permet, par suite, d'atteindre à un plus fort rendement. — M. **A. Guieysse-Pellissier** : *Modifications et lésions des cellules épithéliales pulmonaires dues aux gaz suffocants.* Le phénomène initial d'une faible intoxication est une multiplication intense de ces cellules; les karyokinèses sont rares, mais, de place en place, on observe des accumulations de noyaux empilés, à côté desquels se trouvent parfois des noyaux monstrueux et informes. Si l'excitation des cellules épithéliales a été poussée plus loin, après multiplication, elles deviennent cuboïdes, globuleuses, puis se détachent; elles ont alors une activité phagocytaire intense, puis elles sont chassées de l'alvéole ou dégénèrent sur place, en devenant d'abord vacuolaires. Lorsque la mort ne doit pas s'ensuivre, on voit apparaître une phase de cicatrisation; pendant que les cellules détachées dégénèrent et s'éliminent, une seconde génération d'éléments stables s'organise sur les parois alvéolaires. — MM. **A. Mayer, H. Magne** et **L. Plantefol** : *Mécanisme de la mort dans le cas d'œdème pulmonaire aigu causé par l'inspiration de vapeurs ou de gaz nocifs.* La présence de l'œdème augmente l'épaisseur de la couche liquide que les gaz respiratoires ont à franchir pour atteindre le sang circulant. L'acide carbonique, très soluble dans ces liquides, peut en traverser rapidement une épaisseur considérable, qui s'oppose, au contraire, au passage de l'oxygène. La fixation suffisamment rapide d'oxygène sur les hématies n'est plus assurée, et il est même impossible de l'améliorer sensiblement en faisant respirer au sujet de l'oxygène pur. Même dans ce cas, au moment de la mort, le sang est très pauvre en oxygène. — M. **G. Marinesco** : *Les modifications des oxydases pendant l'évolution du neurone.* L'auteur a constaté que, chez le fœtus, les cellules du système nerveux sont riches en oxydases; d'après lui, l'activité de ces oxydases fournirait aux fibres nerveuses l'énergie de croissance pendant la vie embryonnaire. A mesure que le processus de différenciation s'accuse et que la myéline se développe, les oxydases disparaissent, exception faite pour celles du système sympathique. A mesure que les granulations d'oxydases diminuent, elles sont remplacées par le pigment. — MM. **W. Kopaczewski** et **A. H. Roffo** et Mme **H. L. Roffo** : *L'anesthésie et l'anaphylaxie.* Les auteurs montrent que, dans la suppression du choc anaphylactique pendant l'anesthésie, cette dernière ne joue qu'un rôle secondaire, la diminution de la tension superficielle étant la cause essentielle. Ces résultats confirment l'hypothèse que l'anaphylaxie n'est qu'une réaction de floculation colloïdale et une asphyxie consécutive à l'obstruction des réseaux capillaires par les agrégations micellaires. — MM. **H. Vallée** et **L. Bazy** : *Bactériothérapie par extraits microbiens.* Les auteurs ont étudié la valeur thérapeutique, chez l'homme, d'un antigène staphylococcique soluble et stable, obtenu suivant la technique même utilisée pour la préparation de l'ancienne tuberculine par Koch. Ils ont obtenu de bons résultats curatifs dans le traitement des états spécifiques, tels que furoncles, anthrax, et même dans des états non spécifiques, mais pour ces derniers seulement en ce qui concerne les résultats immédiats.

Séance du 14 Juin 1920

M. **Ch. Riquier** est élu Correspondant pour la Section de Géométrie, en remplacement de M. Zeuthen, décédé. — M. **P. Weiss** est élu Correspondant pour la Section de Physique, en remplacement de Sir J.J. Thomson, élu Associé étranger. — M. le Président annonce le décès de M. **Aug. Righi**, Correspondant pour la Section de Physique, et de M. **Schwendener**, Associé étranger.

1° Sciences physiques. — M. **J. Tilho** : *Sur la fréquence des brouillards dans le Sahara oriental.* L'auteur a constaté souvent l'existence de brouillards secs, formés presque uniquement d'une fine poussière, dans le Sahara oriental. Ceux-ci sont plus particulièrement fréquents entre le solstice d'hiver et le solstice d'été, époque où règnent des vents de NE qui soufflent avec violence et continuité. Dans certaines régions à sol meuble, les brouillards secs atteignent pendant les tempêtes de sable une telle épaisseur que la visibilité devient nulle à moins d'une dizaine de mètres. Ces brouillards devraient être étudiés en raison du danger qu'ils présentent pour la navigation aérienne. — M. **Ch. Ed. Guillaume** : *Action des additions métallurgiques sur l'anomalie de dilatabilité des aciers au nickel.* L'auteur a étudié d'une façon très détaillée l'action de Mn, Cr et C sur la dilatabilité des aciers au Ni dans tout le domaine des alliages aisément réalisables. Les additions dont l'action a été étudiée diminuent sans exception l'intensité de l'anomalie de dilatabilité dans la région de sa valeur minima. — M. **S. Procopiu** : *Biréfringence et dichroïsme de la fumée de chlorhydrate d'ammoniaque dans le champ électrique.* La biréfringence et le dichroïsme de la fumée de chlorhydrate, dans le champ électrique, ont des évolutions différentes dans le temps; ils ne montrent pas de saturation ; la biréfringence varie à peu près inversément au carré de la longueur d'onde, et le dichroïsme inversément à la troisième puissance. Il est donc probable que le dichroïsme ne provient pas de l'absorption différente des deux rayons qui traversent le cristal de chlorhydrate, mais bien plutôt des réflexions sur les filets de cristaux disposés dans le champ électrique. Il y aurait un phénomène de diffraction qui dépendrait de la grosseur des particules par rapport à la longueur d'onde de la lumière employée. — MM. **La Rosa** et **A. Sellerio** : *Effet galvanométrique parallèle aux lignes de force et normal au courant.* Les auteurs ont constaté que, dans une plaque métallique (de Bi ou Te) disposée à la manière ordinaire pour l'étude du phénomène de Hall, il se présente un effet galvano-magnétique également dans la direction normale au courant et *parallèle* aux lignes de force du champ magnétique. Le courant d'asymétrie ayant une direction parallèle au champ, s'il existe, ne concourt que pour une partie dans le phénomène observé. — M. **J. Meunier** : *Sur l'action catalysante de l'aluminium dans la préparation des benzènes chlorés.* L'aluminium, dans la proportion de 1/1.000 du poids du benzène, exerce une action catalytique très marquée sur la chloruration de ce dernier. Il se produit non seulement C^6H^5Cl, mais aussi des benzènes plus chlorés. Quand on désire préparer seulement le monochlorobenzène, il faut arrêter le courant de chlore quand la densité du liquide est de 1,008; le rendement est de 87 %. — M. **Ph. Landrieu** : *Recherches sur les sels polyacides des acides monobasiques; tribenzoate monosodique.* L'auteur a préparé le tribenzoate monosodique sous forme de longues aiguilles soyeuses. Le fait que ce sel se précipite avec une composition identique en présence d'eaux-mères de composition variable permet de conclure qu'il correspond à une phase unique, c'est-à-dire à une individualité chimique bien définie, et que l'on n'est pas en présence d'un simple mélange d'acide benzoïque et de benzoate neutre. — MM. **M. Piettre** et **A. Vila** : *Sur la séparation des protéines du sérum.* La méthode des auteurs diffère complètement des méthodes classiques de Hofmeister, Starke, Michaïloff, J. Kauder, basées sur la précipitation fractionnée des albuminoïdes sous l'action de doses massives de sels neutres (sulfates d'Am, Mg, Na) qui doivent être ensuite éliminés par dialyse. Elle repose sur la déminéralisation du milieu neutralisé en milieu hydro-acétonique; la séparation des corps gras et des substances extractives s'opère en même temps.

Elle permet des séparations qui peuvent être quantitatives.

2° Sciences naturelles. — M. L. **Cayeux**: *La sidérose des minerais de fer du Bassin de Longwy-Briey.* Dans le bassin de Longwy-Briey, la sidérose affecte 4 manières d'être principales : 1° oolithes, en partie ou en totalité carbonatées, à l'étage inférieur; 2° ciment, en plages ou granules et rhomboèdres; 3° épigénie de débris organiques; 4° grains remaniés et détritiques. Ces faits impliquent 3 ou peut-être 4 générations de fer carbonaté. En tout cas, la diffusion du fer carbonaté est très grande dans les minerais de Lorraine; ce minéral a pris naissance en plusieurs temps, et une notable proportion est d'origine clastique. — M. **Em. Saillard** : *La betterave à sucre pendant la guerre.* Les essais de l'auteur montrent qu'en employant peu d'engrais et surtout peu d'engrais azotés, on obtient des racines plus riches, plus pures et plus faciles à travailler en usine. La production totale du sucre à l'hectare est seule affectée par ce mode de culture anormal. La même expérience a été faite en Allemagne pendant la guerre, alors qu'on manquait d'engrais azotés et phosphatés. — M. **Ch. Porcher** : *L'inanition et la composition chimique du lait.* L'inanition limitée à deux jours complets n'entraîne aucune modification analytique importante du lait de la vache, à condition de pratiquer souvent la traite. Le résultat en apparence contraire obtenu autrefois par Lami est dû au défaut de traite; les variations de composition observées par cet auteur doivent être mises au compte de la rétention lactée et non à celui du jeûne. — MM. **Fauré-Frémiet, A. Guieysse, H. Magne** et **A. Mayer** : *Lésions cutanées déterminées par certains composés vésicants.* L'action des composés vésicants est nettement distincte de celle des caustiques escarrotiques qui entraînent une destruction énergique des tissus; elle se traduit par des phénomènes congestifs souvent accompagnés d'œdème comme en produisent fréquemment les caustiques corrosifs; mais les altérations épidermiques conduisant à la formation de vésicules acantholytiques rappellent souvent les lésions dues à certains corps utilisés en thérapeutique (cantharide, p. ex.); les cellules épineuses semblent cependant plus gravement atteintes, car on ne rencontre jamais de figures de division dans les régions épidermiques lésées. — M. **F. Ladreyt** : *Suractivité trophique, cellule géante et cancer.* La cellule intestinale présente, pendant son évolution, une dédifférenciation physiologique réversible; dans certains cas, cette dédifférenciation est en quelque sorte dégradée, en ce sens que la cellule est impuissante, après une première transformation, à récupérer sa forme primitive (cellules géantes *normales* de l'intestin). Parmi les cellules géantes, les unes (cellules géantes involutives) fonctionnent comme trophocytes, les autres (cellules géantes néoplasmogènes) prolifèrent dans le chorion et peuvent dégénérer sur place (*tumeur bénigne*) ou donner naissance à des cellules atypiques dont la sécrétion dissout les albumines de l'organisme (*cancer*). La cellule cancéreuse n'est pas un élément embryonnaire sommeillant au sein des tissus et dont la potentialité évolutive est brusquement réveillée, mais une cellule dédifférenciée dont l'évolution est fonction des réactions conjonctives qu'elle suscite. — M. **G. Bertrand** et Mme **Rosenblatt**: *Action de la chloropicrine sur quelques fermentations bactériennes.* 20 à 30 mgr. de chloropicrine par litre suffisent à arrêter la fermentation lactique, même en milieu très favorable contenant du carbonate de calcium. Il en faut 50 à 60 mgr. par litre pour entraver la fermentation ammoniacale de l'urine, et seulement 1/10 de mgr. pour arrêter le développement de la bactérie du sorbose. — M. **A. Frouin** : *Variation des matières grasses du bacille tuberculeux cultivé sur milieux définis en présence de terres du groupe cérique.* Les sels de terres rares diminuent, surtout au début, le taux des graisses et cires dans les cultures de bacille tuberculeux; cette diminution est plus nette encore si l'on retire la culture après 8 jours d'étuve.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 5 Juin 1920 (fin)

M. **Ch. Pérez**: *Association et réactions mutuelles d'une Tubulaire et d'une Eponge.* L'auteur a observé à Audresselles (P.-de-C.) l'association constante d'une Tubulaire, la *Tubularia ceratogyne*, à une Eponge, l'*Halichondria panicea*. Fixées toutes deux au rocher, l'Eponge englobe complètement la plus grande partie du corps de l'hydraire, ne laissant émerger que les hydranthes avec les extrémités distales des hydrocaules qui les portent. Chaque hydrocaule est comme un tuteur autour duquel grimpe le cormus de l'Eponge; dans les portions du trajet où les hydrocaules sont enfouis sous l'Eponge, ils poussent des hydrorhizes adventices qui tendent à aller rejoindre le support rocheux. — MM. **W. Kopaczewski** et **A. H. Roffo** : *L'anaphylaxie et les eaux minérales.* Si l'on opère dans des conditions telles que l'équilibre chimique de l'eau minérale ne soit pas troublé par la précipitation des carbonates, les eaux minérales présentent des propriétés désanaphylactisantes marquées. Des résultats analogues ont été obtenus avec une eau minérale artificielle, chimiquement comparable, à tous les points de vue, à l'eau naturelle. L'injection d'eau minérale peut être intra-veineuse ou hypodermique. Cet effet doit être attribué à l'augmentation de viscosité du sérum. — M. **A. Prenant**: *Sur les phénomènes de la pigmentation chez les larves d'Anoures.* L'auteur a observé le réseau d'Asvadourova chez les têtards de *Discoglossus pictus* et de *Pelodytes*, mais non chez ceux de *Pelobates*. Il a constaté d'autre part l'existence de cellules pigmentaires s'intercalant dans l'évolution entre les xanthophores et les mélanophores et renfermant un pigment gris, nettement grenu, intermédiaire entre le pigment jaune et la mélanine. — M. **Ch. Champy** : *Perte de la sécrétion spécifique des cellules cultivées in vitro.* Dans les cultures *in vitro* de petits fragments de prostate il y a à la fois perte de la différenciation cytologique des cellules épithéliales et disparition de la sécrétion de ferment caractéristique. — MM. **H. Busquet** et **Ch. Vischniac**: *L'absence de lipase dans le sang non extravasé.* Le sang non extravasé, mis en présence de l'huile, dans des conditions favorables à l'action fermentaire, ne saponifie pas le corps gras. L'addition de lipase pancréatique à du sang non extravasé et huilé provoque une hydrolyse abondante de l'huile. La lipase n'existe donc pas dans le sang intravasculaire. — MM. **H. Bierry** et **P. Portier** et Mme **L. Randoin-Fandard** : *Sur le mécanisme des lésions et des troubles physiologiques présentés par les animaux atteints d'avitaminose.* Dans l'avitaminose, presque tous les organes subissent une atrophie, sauf les capsules surrénales qui subissent une hypertrophie considérable ; une baisse de température s'observe à la fin de la carence. Les auteurs admettent que les animaux carencés consomment d'abord leurs réserves de vitamines, puis réagissent par hypertrophie des surrénales et hypersécrétion d'adrénaline; cette dernière devenant enfin insuffisante, la température baisse et la mort s'ensuit.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 4 Juin 1920

M. **Marc Chauvierre** : *Sur les atomes et l'affinité chimique.* On peut expliquer l'affinité chimique par le champ magnétique dû à la rotation des électrons dans l'atome. Le calcul approximatif de ce champ pour un atome d'hydrogène donne 15.10^{12} (C.G.S.). Il est inutile d'essayer de corriger cette valeur en tenant compte de la variation de la masse en fonction de la vitesse. On peut expliquer la dissociation par la force centrifuge, due à la rotation de la molécule, en vitesse fonction de la température, cette force étant opposée à la force attractive due au champ magnétique. Soit F la force attractive, et f la force répulsive (centrifuge) vers 1.000° pour un atome de H. On a $F = 25.10^{12}$; $f = 25.10^{8}$, donc $F > f$; la molécule ne se dissocie pas, ce que

vérifie l'expérience. On remarque que F est proportionnel à n, nombre atomique de l'atome, alors que f est proportionnel environ à 2 n (poids atomique); il en résulte que, pour une température donnée, et réalisable au laboratoire, f peut devenir plus grand que F. Par exemple, c'est ce qui arrive pour l'iode. Cette théorie peut s'étendre à diverses molécules, et peut expliquer certains phénomènes chimiques. — MM. **L. Dunoyer** et **G. Reboul** : *La pratique de la prévision du temps*. I. La probité scientifique la plus élémentaire oblige le météorologiste, quel qu'il soit, à convenir que si parfois il peut annoncer le temps du lendemain avec une quasi-certitude, il y a en revanche des circonstances où ses prévisions ont une valeur beaucoup moindre. Honnêtement, toute prévision devrait être accompagnée d'un coefficient numérique indiquant les chances de cette prévision. Pour évaluer ces chances, MM. Reboul et Dunoyer, qui ont organisé sur le plateau de Malzéville une station météorologique pour fournir des renseignements aux aviateurs de bombardement pendant la guerre, se sont efforcés de déterminer les *coefficients de certitude* de chacun des critères qu'ils ont employés et l'influence des circonstances, des saisons en particulier, sur ces coefficients de certitude. Ils ont, d'autre part, reconnu l'impossibilité de fonder une méthode de prévision sur l'étude d'un seul élément météorologique (vent au sol, ou vents aux grandes altitudes, ou d'autres encore), et ils ont multiplié les critères. La discussion quotidienne de ces critères, faite presque mécaniquement d'après des schémas, leur a donné de bons résultats. Les aviateurs qui utilisaient ces prévisions s'en sont déclarés, à maintes reprises et officiellement, satisfaits. En outre, on a constaté qu'il était très facile d'enseigner cette manière de faire la prévision et de former en peu de temps à la prévision météorologique un personnel non préparé. II. Les éléments qui servaient, d'une manière systématique, pour l'établissement des prévisions de Malzéville, étaient les suivants : 1° Répartition des isobares ; 2° Répartition des tendances barométriques ; 3° Répartition (direction et vitesses) des vents au sol ; 4° Répartition des valeurs du rapport V/T entre la vitesse V du vent au sol et la tendance barométrique T ; 5° Répartition des vents d'appel ; 6° Etude de la rotation des vents au sol ; 7° Répartition des vents en altitude ; 8° Répartition des états du ciel ; 9° Répartition des températures ; 10° Observations locales. M. Dunoyer donne quelques détails sur les indications fournies par deux des éléments qui précèdent : le rapport V/T et la répartition des vents en altitude. Les Cartes météorologiques des 18, 19, 20 et 21 juillet 1917, projetées, donnent un exemple de ce fait que : *Dans les régions où le rapport* V/T *est positif, la hausse barométrique a des chances de continuer ou au moins de se stabiliser dans les zones où la valeur numérique de ce rapport est la plus petite.* Même énoncé pour la baisse (région où $V/T < 0$). Le coefficient de certitude de cette règle est de 0,7 en moyenne. Elle est d'application plus sûre en été pour la prévision de la hausse, et en hiver pour celle de la baisse. L'auteur projette ensuite les Cartes météorologiques et les résultats des sondages des 10, 11, 12 décembre 1916 ; 7, 8, 9, 10 février 1917. Ils donnent des exemples de l'influence des couches de vents forts. *Si les vents sont plus forts dans les couches basses de l'atmosphère* (de 0 m. à 500 m. ou 1.000 m.) *qu'aux altitudes plus grandes, ils produisent une hausse barométrique. C'est l'inverse quand la couche de vents forts existe aux grandes altitudes.* III. Une fois réunis sur une même feuille tous les éléments météorologiques énumérés ci-dessus, une discussion méthodique et systématique des indications qu'ils fournissaient permettait d'établir les bases de la prévision. Des photographies sont projetées de divers feuillets de registre d'observations et de prévisions de la station de Malzéville ; M. Dunoyer cherche à donner une idée du schéma à peu près invariable d'après lequel la discussion était conduite.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 11 *Juin* 1920

MM. **Ch. Moureu** et **G. Mignonac** : *Sur les acidylcétimines* (*voir p.* 465). — MM. **M. Delépine** et **Ville** : *Sur le chlorure de brome ; sa combinaison avec l'éthylène* (*voir p.* 465). — MM. **M. Delépine** et **Ville** : *Action des chloro-iodo-, bromo-iodo-, et diiodo-éthanes-1 : 2 sur les sulfures de sodium.* Les auteurs, ayant fait réagir le chloro-iodure d'éthylène $ClCH^2.CH^2I$ sur le sulfure neutre de sodium, n'ont pas obtenu le corps $(ClCH^2.CH^2)^2S$ que la grande réactivité de l'iode aurait laissé prévoir ; ils ont constaté simplement la formation d'éthylène et de soufre accompagnant l'iodure et le chlorure de sodium, tout comme si le chlore et l'iode avaient été libres. Le bromoiodo-éthane et le di-iodo-éthane réagissent de même. Si on emploie du sulfhydrate, il se sépare, en même temps que l'éthylène, de l'hydrogène sulfuré et du soufre. — M. **R. Delaby** : *Préparation des homologues de la glycérine ; butane-, pentane- et hexanetriols-1 : 2 : 3.* De même que l'acroléine s'obtient par déshydratation de la glycérine, l'auteur a pensé qu'à partir des homologues de la glycérine, il pourrait préparer les aldéhydes éthyléniques $R\text{-}CH{=}CH\text{-}CHO$. Il s'est donc attaché à trouver une méthode pratique de préparation de ces glycérines. Le procédé consiste à condenser l'acroléine avec un organo-magnésien $R\text{-}Mg\text{-}X$, puis à fixer une molécule de brome sur les alcools secondaires non saturés obtenus $R\text{-}CHOH\text{-}CH{=}CH^2$; on passe aux glycérines $R\text{-}CHOH\text{-}CHOH\text{-}CH^2OH$, par l'intermédiaire des acétines en hydrolysant celles-ci par l'eau sous une pression de 2 atm. (134°). Dans ces recherches, les corps nouveaux suivants ont été préparés : *vinylpropylcarbinol* (hexène-1-ol-3), Eb. = 133-134° ; *propylglycérine* (hexanetriol-1.2.3), Eb. = 167°,5-168° sous 14 mm. ; sa *triacétine* bout à 157-159° sous 15 mm. — MM. **A. Valeur** et **E. Luce** : *Sur les alcools du type cinnamique.* A l'occasion de la communication de M. R. Delaby, M. Valeur fait connaître les résultats d'une étude entreprise avant la guerre en collaboration avec M. Luce, étude qui n'a pas été continuée. Les travaux de Charon, puis de Dupont et Labaume, établissent qu'il est facile de passer de l'alcool cinnamique à son isomère secondaire, l'alcool phénylallylique. MM. A. Valeur et E. Luce ont tenté d'opérer la réaction inverse. Ils ont préparé l'alcool phénylallylique suivant les données de MM. Klages et Klenk par l'action de l'acroléine sur le bromure de phénylmagnésium. Cet alcool, traité successivement par HCl, puis l'acétate d'argent et finalement la potasse, a fourni de l'alcool cinnamique caractérisé par son point de fusion et celui de son bromure. On obtient également de l'alcool cinnamique en soumettant l'alcool phénylallylique à l'action de SO^4H^2 étendu. En condensant l'acroléine avec le chlorure de cyclohexylmagnésium, MM. A. Valeur et E. Luce ont obtenu l'*alcool cyclohexylallylique* $C^6H^{11}\text{-}CHOH\text{-}CH{=}CH^2$, $Eb_{12} = 91°$, dont l'*éther acétique* bout à 94-96° sous 12 mm. et possède une odeur agréable de cumin et dont le *bromure* fond à 74°. Les essais d'isomérisation de cet alcool sont restés sans résultat.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

31e ANNÉE N° 14 30 JUILLET 1920

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences, de l'Académie de Médecine

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

J. R. Rydberg. — Né à Halmstad, en Suède, le 8 novembre 1854, l'éminent professeur de Physique de l'Université de Lund s'est éteint en décembre dernier après une longue maladie.

Il est surtout connu par ses recherches sur la disposition des lignes dans les spectres des éléments, qu'il exposa en particulier dans un mémoire classique présenté en 1889 à l'Académie des Sciences de Stockholm, qui peut être considéré comme un modèle du genre et qu'on lit encore aujourd'hui avec profit. Il y généralise la formule donnée par Balmer en 1885 pour relier les lignes de l'hydrogène, et représente les différentes séries du spectre d'un même élément par une suite de formules simples ne comportant que quelques constantes. La constante de l'hydrogène apparaît dans toutes les séries et a reçu, depuis lors, le nom de « constante de Rydberg ». Toutes les tentatives qui ont été faites après lui pour perfectionner la représentation des spectres de lignes sont parties de la formule de Rydberg.

Depuis un certain nombre d'années, Rydberg avait entrepris une autre série de recherches sur les rapports des propriétés physiques et chimiques des éléments avec la classification périodique, dont il a donné un résumé ici même, et où il montre que les propriétés des éléments sont des fonctions d'une variable indépendante qui est le nombre atomique (conclusion confirmée depuis par les travaux de Moseley). L'état précaire de sa santé en ces dernières années l'avait malheureusement empêché de poursuivre beaucoup plus loin ses investigations dans cette voie.

§ 2. — Physique

Utilisation des rayons X en métallographie. — Les images de diffraction formées sur une plaque photographique par des rayons X ayant traversé des métaux ont été étudiées par un certain nombre d'auteurs; certains d'entre eux ont remarqué que ces images semblaient dépendre de l'histoire antérieure des métaux, en particulier des traitements mécaniques ou thermiques qu'ils ont subis.

Nishikawa et Asahara[1] ont montré que la méthode est susceptible de fournir des renseignements intéressants en métallographie. Les métaux, pris en feuilles minces (0,1 mm. à 0,18 mm. d'épaisseur, 0,54 mm. pour l'aluminium), étaient traversés par le faisceau hétérogène de rayons X, de 3 mm. de diamètre, provenant d'un tube Coolidge, la tension maxima appliquée aux bornes du tube étant de 50.000 v.; la lamelle métallique était disposée à 5 cm. environ de la plaque photographique, et, dans ces conditions, la pose durait environ 1 heure pour un courant électronique de 5 milliampères dans l'ampoule.

Les auteurs ont pu constater l'influence du laminage sur les figures de diffraction obtenues. Dans le cas de l'aluminium, du cadmium, du cuivre, du zinc, du laiton, le laminage donne des figures mal définies, caractéristiques chacune du métal examiné, mais toutes symétriques par rapport à la direction du laminage. L'argent et l'étain fournissent également des figures mal définies aussitôt après le laminage, mais celles-ci se modifient graduellement pendant deux ou trois semaines et donnent finalement des figures formées d'un ensemble de toutes petites taches qui caractérisent les échantillons recuits; pour ces métaux, la croissance des cristaux qui accompagne le recuit se produit aux températures ordinaires; on l'observe encore, quoique plus lente, à la température de 5°. Avec le plomb et le thallium, on obtient, aussitôt après le laminage, des figures formées d'un ensemble de petites taches irrégulièrement distribuées ne présentant aucune symétrie, en sorte qu'on peut admettre, pour ces métaux, soit que la structure cristalline n'est pas modifiée par le laminage, soit que la recristallisation est instantanée.

Les auteurs ont pu également étudier l'effet du recuit, après laminage, au moyen d'un four spécial qui permettait de prendre des radiographies sur des feuilles de métaux maintenues à des températures pouvant

1. NISHIKAWA et ASAHARA : *Physical Review*, 2e série, t. XIV, p. 38; janvier 1920.

atteindre 800°. On constate ainsi que les métaux diffèrent grandement entre eux en ce qui concerne l'action du recuit : l'action du laminage est annulée par un recuit de 30 min. à 80° dans l'argent et l'étain; elle se manifeste encore dans le cuivre après 2 h. de recuit à 800°.

Quand on opère sur une feuille de thallium recuit maintenue à des températures croissantes, on constate que les figures de diffraction se modifient brusquement quand on dépasse le point de transformation; elles deviennent analogues à celles que donnerait un cristal unique. La valeur de la température de transformation déterminée par cette méthode, 227°, est en bon accord avec celles que fournissent les autres méthodes.

§ 3. — Electricité industrielle

L'aluminium dans l'industrie électrique. — En 1854, Sainte-Claire Deville, après avoir perfectionné les procédés de préparation de l'aluminium, a mis en lumière les qualités de ce métal. Il y a de cela deux tiers de siècle; mais si, quelques années avant 1914, la production et les emplois de l'aluminium étaient en grands progrès, il a fallu les leçons de la guerre pour que les industriels comprennent qu'ils avaient le devoir absolu de substituer l'aluminium à d'autres métaux, partout où ils le pourraient.

Pour cela, il ne suffit pas de mettre en lumière ses qualités, sa légèreté notamment que nul ne conteste; il est plus indispensable encore de montrer l'inanité de certains reproches qui lui ont été souvent adressés ; il faut également guider les industriels dans son emploi, afin d'éviter des erreurs et des échecs; il faut enfin faire ressortir l'économie que l'aluminium permet de réaliser.

La question présentait un intérêt tout particulier dans les industries électriques. Aussi l'Union des Syndicats de l'Electricité a-t-elle chargé une Commission de l'étudier. Sous la direction de M. R. Legouez, une série de Rapports a été préparée par des techniciens d'une haute compétence et publiée en une brochure qui rendra les plus grands services[1]. Nous extrayons de l'Avant-propos, rédigé par M. Legouez, quelques renseignements sur le contenu de ces Rapports.

L'aluminium peut surtout servir en électricité à remplacer le cuivre. Sa légèreté permet une réduction de poids qui varie de 30 à 50 %, suivant qu'on l'emploie à volume égal, que l'on veut avoir le même échauffement sous le passage d'un même courant ou égalité de conductibilité. Il en résulte une réduction de dépense toujours appréciable et souvent considérable.

Mais l'aluminium chimiquement pur n'existe pas industriellement. Quelques échecs, dus surtout à la présence d'impuretés, ont fait croire que l'aluminium ne pouvait résister à l'action de l'air et que les câbles nus, comme les douilles de lampes, étaient destinés à périr rapidement. On sait aujourd'hui la quantité et la nature d'impureté que l'on peut admettre, et l'aluminium à 99 %, sans traces décelables de sodium, donne toute satisfaction. La métallurgie de l'aluminium est assez connue et assez régulière pour que l'on ait pu rédiger le cahier des conditions de réception. Cette étude sert actuellement de base à la rédaction d'un cahier des charges que prépare la Commission permanente de Standardisation au Ministère du Commerce. Il est donc possible d'obtenir couramment un aluminium répondant d'une façon certaine à l'usage que l'on veut en faire.

La reconstitution des réseaux de distribution dans les régions libérées imposait une étude attentive des lignes aériennes en aluminium. La question a été magistralement traitée par M. Dusaugey. Il fait tout d'abord justice des reproches de fragilité opposés à l'emploi de l'aluminium dans les lignes aériennes, en citant de nombreuses lignes existant en France et qui ont résisté à l'épreuve du temps et des climats les plus variés, quoique les plus anciennes remontent à 1903.

De la comparaison des avantages économiques du cuivre et de l'aluminium, il résulte que ce dernier métal, sauf pour les très faibles sections, possède une véritable supériorité. La seule difficulté provient de sa moindre résistance aux efforts mécaniques, qui oblige à proscrire l'emploi du fil simple, et à employer des câbles à 7 ou 19 brins.

Passant de la théorie à la pratique, l'auteur a donné en annexes les principes généraux à observer dans la pose des conducteurs en aluminium et a pris la peine de calculer une série de tables de flèches et de tensions pour des sections utiles variant de 22 à 343 mm², des portées de 20 à 300 m., des températures de — 10° à + 45°, et pour les coefficients de sécurité 3,5 et 10 imposés par les règlements administratifs.

Ces données ont déjà servi de base à la construction de plusieurs centaines de kilomètres de lignes dans les régions libérées, et l'expérience a confirmé les prévisions du rapporteur; en même temps, on a reconnu que la légèreté de l'aluminium rend le travail de pose beaucoup plus facile.

Un dernier chapitre du Rapport de M. Dusaugey traite des câbles en aluminium à âme d'acier, qui sont appelés à rendre les plus grands services pour les très grandes portées et vont être employés pour les lignes projetées à 120.000 volts. L'auteur y a comparé les câbles en cuivre, en aluminium, et en aluminium avec âme d'acier. Il montre que, pour des sections équivalentes, le câble en aluminium à âme d'acier pèse 15 à 20 % de moins que le câble de cuivre, et peut supporter sans se rompre une charge de 16 à 35 % plus forte. La charge % d'élasticité varie dans les mêmes proportions. L'avantage est donc considérable, surtout pour les gros diamètres. Les flèches sont naturellement réduites, ou les portées possibles allongées, avantage précieux et de nature à développer l'emploi de ce type de câble pour les gros transports d'énergie à longue distance.

Après les conducteurs aériens, les conducteurs isolés méritaient une étude attentive. Elle a été faite par MM. Grosselin et Péridier, qui concluent qu'au point de vue technique rien ne s'oppose à la substitution de l'aluminium au cuivre; au point de vue économique, l'aluminium, d'un volume supérieur, nécessite l'emploi comme isolant (plomb, armure, etc.) d'un volume et d'un poids supérieurs de matière. La comparaison est donc essentiellement fonction du prix des diverses matières entrant dans le câble, et il est impossible de tirer une conclusion ferme. On peut noter toutefois qu'au cours d'avant guerre, la Compagnie générale des Omnibus, à Paris, avait réalisé par l'emploi de l'aluminium une économie de 10 à 15 %.

La Commission aurait voulu poursuivre une étude analogue pour les fils lumière, dont il est fait une consommation considérable; mais elle s'est heurtée à la même difficulté que pour les câbles armés. Si l'aluminium coûte moins cher que le cuivre, la dépense pour l'isolant (caoutchouc) augmente avec le diamètre, et il est peu probable que l'économie, s'il y en a une, vienne compenser la difficulté des multiples épissures d'une installation intérieure.

Sur l'emploi de l'aluminium dans l'appareillage électrique, la Commission a effectué également des études approfondies, résumées dans trois Rapports.

M. Drouin, qui a traité la question du gros appareillage, montre que, pour les barres de tableau, on est assez avancé dans la pratique pour pouvoir donner des indications précises sur les dispositions à adopter et les précautions à prendre. Cela tient à ce que l'échauffement entre seul en jeu et que, pour une même barre, la section d'aluminium n'est que 1,25 fois celle du cuivre, et par conséquent le rapport des poids de 38 à 100. L'économie est évidente.

Pour le petit appareillage, M. Zetter a apporté une étude sur les pièces coulées et embouties en aluminium

1. L'Aluminium dans l'Industrie électrique. Publié en supplément dans la *Rev. gén. de l'Electricité*, 1919-1920.

qui sont d'un usage courant et dont l'emploi ne peut que se développer. Les douilles de lampe en aluminium des stations aériennes du Métropolitain de Paris résistent parfaitement à l'action de l'air.

M. Legrand a enfin rédigé un rapport très documenté sur l'usage fait par la Compagnie générale des Omnibus de l'aluminium dans les voitures motrices et les remorques, notamment pour les panneaux, les mains courantes et les carters.

Si l'on veut résumer en quelques mots les résultats acquis, on voit que, pour les câbles et fils électriques, nus ou isolés, l'emploi de l'aluminium s'impose et que l'on y trouvera, en profitant de l'expérience acquise, sécurité et économie. Il en est de même pour l'appareillage électrique. Mais d'autres questions non moins importantes appellent encore l'attention des ingénieurs : les enroulements, le décolletage et les prises par trolley.

De toute façon, il est désormais certain que l'on peut substituer l'aluminium, produit français, au cuivre importé, dans bien des cas et pour un tonnage considérable.

§ 4. — Biologie

Les effets des ions sur le mouvement ciliaire. — Orton a fait connaître, il y a quelques années, le mécanisme ciliaire des branchies de *Mytilus edulis*[1]. Il existe chez ce Mollusque au moins quatre séries distinctes de cils dont les mouvements forment un système complexe, mais parfaitement coordonné, qui filtre les particules alimentaires de l'eau de mer et les amène à la bouche. Ce système coordonné est exempt de tout contrôle nerveux et continue à se manifester pendant plusieurs jours dans des portions détachées des branchies. Ces fragments forment donc un matériel de premier ordre pour l'étude physiologique du mouvements des cils, et M. J. Gray vient de s'en servir pour déterminer l'effet de l'ion hydrogène sur celui-ci[2].

L'eau de mer normale possède une concentration en ions H (P_H) d'environ 7,8; quand on augmente celle-ci jusque vers 6,5, il se produit une cessation rapide des mouvements ciliaires. Dans l'eau de mer de $P_H = 6,7$, le mouvement est d'abord arrêté, mais au bout de 3/4 h. à 1 h. 1/2, il reprend complètement. Si l'on replace dans l'eau de mer normale des fragments de branchies dont les cils avaient été arrêtés par une solution plus acide, le mouvement reprend en moins de 20 minutes, même si les cils sont restés immobiles pendant plusieurs heures. D'un grand nombre d'expériences il résulte que, si la concentration en ions H ne dépasse que légèrement la normale, les cils réagissent au milieu et reprennent peu à peu leur mouvement; dans des solutions plus acides, le mouvement ne recommence qu'après passage dans une solution plus alcaline; enfin, dans une solution encore plus acide, les cellules deviennent opaques et meurent.

Les branchies exposées à une concentration élevée anormale en ions hydroxyle se comportent d'une façon remarquable. Dans ces solutions, le mouvement ciliaire ou bien est inaffecté, ou bien procède immédiatement d'une façon très rapide, si bien que les cellules individuelles de l'épithélium cilié se séparent les unes des autres et se déplacent dans la solution entraînées par les mouvements de leurs cils. Comme ces cellules ne sont plus dans leurs conditions normales, il est impossible de déterminer la limite supérieure en ions OH qui permet à l'action ciliaire normale de continuer.

Comme l'ion H a un effet très marqué sur l'activité des cils, il est nécessaire, pour étudier l'effet des divers sels, d'ajuster la concentration en ions H de toutes les solutions artificielles. En ce qui concerne les sels des métaux alcalins, on y arrive par l'addition d'un corps tel que le bicarbonate de soude. Dans le cas des sels alcalino-terreux, il est impossible d'obtenir des solutions isotoniques pures de même concentration en ions H que l'eau de mer, et il est donc nécessaire de comparer les effets des solutions pures avec ceux d'eau de mer de concentration élevée et anormale en ions H.

Les expériences prouvent que le sodium, le potassium, le calcium et le magnésium sont tous nécessaires pour maintenir des fragments de branchie dans un état normal d'activité ciliaire pendant une période prolongée (par exemple 4 jours). Si l'un ou plusieurs de ces métaux manquent, les cellules individuelles de l'épithélium cilié présentent le même phénomène de séparation que dans l'eau de mer à concentration élevée en ions OH. Les solutions ne contenant qu'un métal présentent ce phénomène d'une façon très marquée, même lorsqu'elles sont plus acides que l'eau de mer normale; l'effet diminue quand le nombre des métaux augmente. L'auteur n'a obtenu aucune indication d'une action ionique spécifique ou d'une action antagoniste entre les ions mono- et bivalents.

Ces expériences offrent un nouvel exemple de l'action intense de l'ion hydrogène sur l'activité physiologique et de sa nature réversible quand le traitement acide n'est pas trop sévère. On a observé la même action des acides sur l'activité du cœur et le mouvement des spermatozoïdes.

§ 5. — Physique biologique

L'examen des viscères par les rayons X. — On sait que les rayons X seuls sont incapables de donner beaucoup d'informations sur l'état des viscères abdominaux. L'emploi du repas opaque au bismuth ou au baryum a ouvert un nouveau champ d'étude du canal intestinal et fourni une méthode précieuse de diagnostic. Pour l'examen du foie et de la rate, on a proposé d'introduire de l'air ou de l'oxygène dans la cavité abdominale avant la radiographie; ces deux organes apparaissent alors nettement sur la plaque, avec les irrégularités de la surface, les hypertrophies et les tumeurs bien définies.

Cette dernière méthode, qui a été essayée sur les animaux vivants et sur le cadavre par Weber[1], de Kieff, dès 1912, a depuis lors été perfectionnée par Rautenberg[2] et par Goetze[3], et von Teubern[4] a décrit une excellente méthode d'injection; d'autre part, deux auteurs américains, Stein et Stewart[5], ont publié des radiographies des viscères d'une clarté et d'une définition saisissantes.

Pour faire les injections, Rautenberg remplit d'air deux poires en caoutchouc et les relie à une aiguille de trocart traversant la paroi abdominale; en appuyant sur les poires, il injecte peu à peu un litre et demi d'air ou d'oxygène; au besoin, on peut utiliser une grande seringue ou une petite pompe à main. Stein et Stewart emploient simplement la poire en caoutchouc ordinaire d'un appareil d'anesthésie par le bioxyde d'azote. La méthode de von Teubern repose sur l'usage d'un trocart et d'une canule spéciale (de 1 mm. de diamètre), qu'on introduit, sous anesthésie locale, sur la ligne médiane à mi-chemin entre l'ombilic et la symphyse pubienne. L'entrée de l'air est contrôlée par un manomètre à pneumothorax relié latéralement avec le tube de dégagement. La quantité d'air injecté varie de 1.500 à 2.000 cm³ sous une pression de 30 à 40 cm. d'eau; la plus haute pression intra-abdominale atteinte a été de 11 cm. d'eau. Les patients se plaignent souvent d'une douleur dans les épaules et autour de l'abdomen et ressentent généralement un certain malaise. A la fin de l'examen, l'air

1. *Journ. Marine Biol. Assoc.*, t. IX, p. 444; 1912.
2. *Proc. of the Cambridge Philos. Soc.*, t. XIX, part VI, p. 313; févr. 1920.

1. *Fortschr. der Roentgenstrahlen*, t. XX, p. 453; 1913.
2. *Deutsch. mediz. Woch.*, p. 1205; 1914, et *Berl. klin. Woch.*, n° 36; 1914.
3. *Deutsch. mediz. Woch.*, t. XLV, p. 491; 1919.
4. *Deutsch. mediz. Woch.*, t. XLV, p. 1242; 1919.
5. *Annals of Surgery*, t. LXX, p. 95; 1919.

est dégagé par ponction avec un gros trocart (de 1,5 mm. de diamètre). Aucun inconvénient sérieux n'est résulté de ces manœuvres.

Dans ces conditions, on aperçoit nettement le foie aux rayons X; les espaces subphréniques sont ouverts par le gaz et sont observés sous forme d'espaces clairs au-dessus du foie déplacé; les calculs biliaires apparaissent généralement, quand il y en a. La rate s'observe toujours bien, avec ses modifications pathologiques, et les reins sont généralement très clairs. Les intestins peuvent toujours être distingués, surtout si l'on a administré préalablement un repas au bismuth. Stein et Stewart figurent dans leur mémoire un myome de l'utérus, des adhésions intrapéritonéales, un rein hypertrophié, un ovaire kystique, la queue du pancréas, le foie et la rate normaux. Cette liste donne une idée de la généralité de la méthode et des informations variées qu'elle peut donner. Il semble que ce « pneumo-péritoine » artificiel soit destiné à jouer un rôle important dans le diagnostic différentiel des tumeurs intra-abdominales.

§ 6. — Géographie et Colonisation

L'expédition Amundsen vers le pôle Nord. — Le capitaine Roald Amundsen, l'explorateur norvégien qui, parti le 9 août 1910 sur le *Fram*, se rendit célèbre en atteignant le premier le pôle Sud le 14 décembre 1911, ne se désintéressait nullement, malgré sa brillante découverte, des régions arctiques qui conduisent au pôle opposé. Déjà, en 1903, il était parti de Christiania, le 16 juin, sur un petit voilier, le *Gjöa*, capable de franchir les plus étroits passages, non dans le but d'atteindre le pôle Nord, mais afin de rechercher en quel point exact se plaçait le pôle magnétique, une première fois déterminé par James Ross en 1831, et d'accomplir entièrement, si possible, le passage du Nord-Ouest; il reconnut que le pôle magnétique, loin d'occuper un point fixe, était en perpétuel déplacement, et il passa le détroit de Béring le 30 août 1906, ayant entièrement franchi le passage du Nord-Ouest.

A peine Amundsen était-il revenu de la zone antarctique qu'il songea à reprendre ses études des régions arctiques. Dès l'année 1912, on apprenait quels étaient alors ses projets. S'inspirant des précédentes tentatives de son compatriote Nansen, Amundsen se proposait d'entreprendre une traversée du bassin polaire dans toute son étendue en se faisant charrier par la banquise en dérive. Il voulait reprendre le *Fram* pour se faire transporter à la pointe Barrow, qui est la partie la plus septentrionale de l'Alaska. De là, en se laissant aller à la poussée du courant, il comptait être ainsi conduit au voisinage du pôle et, abandonnant son bateau quand il y aurait lieu, il se proposait d'atteindre ensuite ce point en avançant à pied; il avait même pensé prendre un aéroplane pour explorer la banquise. Du pôle, il comptait gagner, toujours sous l'impulsion de la dérive, la côte orientale du Grœnland.

Mais, pour des raisons diverses, le départ, qui avait été arrêté pour 1914, fut reporté d'abord en 1915, puis en 1918; en même temps quelques modifications étaient apportées au projet primitif. D'abord, ce n'était plus sur le *Fram* qu'Amundsen allait partir, mais sur un bateau à moteur de 100 tonnes seulement de déplacement, le *Maud*, construit pour ce voyage. Le projet d'emploi d'aéroplane fut abandonné, étant devenu impossible avec les petites dimensions du navire. Enfin, l'itinéraire d'Amundsen était modifié en ce qu'il allait se diriger vers la côte de la Sibérie et non vers celle de l'Alaska.

Parti de Christiania le 25 juin 1918, Amundsen pensait atteindre les îles de la Nouvelle-Sibérie dès l'automne de la même année, mais s'étant trouvé arrêté par les glaces, près du cap Tchéliouskine qui est au nord de la presqu'île de Taïmour, la pointe la plus septentrionale de la Sibérie, il dut hiverner auprès de ce promontoire. En octobre 1918, deux membres de l'expédition avaient été envoyés vers les premiers postes russes pour porter un message de leur chef, et depuis on n'a eu aucune nouvelle d'eux; avec le temps déjà écoulé, on peut craindre une catastrophe quelconque.

Ce fut seulement le 12 septembre 1919 qu'Amundsen put arriver à quitter les abords du cap Tchéliouskine pour se diriger vers l'est, et la banquise demeurait si impénétrable qu'il dut longer la côte. Quand il approcha des îles de la Nouvelle-Sibérie, la mer devint plus accessible et il put aborder à l'île Jeannette, la plus orientale du groupe. Mais bientôt le navire fut entouré par les glaces; non sans peine, on put l'amarrer à un gros bloc avec lequel on espérait subir la dérive vers le nord-ouest qui eût conduit au pôle; mais, contrairement à toutes les prévisions, le courant poussa vers le sud. Le but ne pouvant être atteint, il fallut chercher un abri et Amundsen alla hiverner plus à l'est encore, au delà de la baie de la Kolyma, sur la côte ouest des îles Aïon, dans la baie du Tchaoun.

Ces nouvelles avaient été apprises par un télégramme qui avait pu être reçu à Christiania le 31 mars 1920 par la voie d'Amérique, grâce à la rencontre, faite par les voyageurs, de bandes de Tchouktches chasseurs et pêcheurs qui circulent sur la côte et qui s'étaient chargés de transporter le message à Anadyr où existe une station radiotélégraphique. Le Dr Sverdrup, médecin de l'expédition, a longtemps séjourné parmi cette population indigène et a pu en étudier les caractères et les mœurs.

En présence des difficultés éprouvées, Amundsen voulait se mettre en rapport avec l'Europe pour prendre des mesures lui permettant de continuer ses tentatives. Le 26 octobre 1919 il envoya un de ses compagnons à Nijne-Kolymsk, localité située sur la Kolyma, non loin de son embouchure, et où l'on devait trouver une station télégraphique; mais, toute communication avec ce point ayant été supprimée depuis la guerre, cet essai demeura sans résultat. Quelques semaines plus tard, deux autres membres de l'expédition allèrent porter à Anadyr un télégramme qui arriva à Christiania peu après le premier. Les deux Norvégiens passèrent sur l'autre rive du détroit de Béring, d'où ils gagnèrent le cap Nome dans l'Alaska, et l'un d'eux est revenu vers l'Europe, chargé de rapports d'Amundsen qui nous fourniront d'importants renseignements sur les péripéties de l'expédition et sur les travaux accomplis.

Le second télégramme reçu, qui complétait le précédent par de nouveaux détails, annonce qu'Amundsen devait se rendre sur le *Maud* au cap Nome, où il comptait arriver vers la fin de juillet 1920 pour reconstituer ses approvisionnements et reprendre ensuite la mer de façon à entrer dans la banquise vers l'île Wrangel. De là, il espère pouvoir profiter de la dérive pour être conduit vers le pôle. Quand il aurait laissé son bateau, celui-ci chercherait à gagner la mer libre vers le Grœnland. Amundsen prendrait la même direction quand il aurait touché le pôle, et par ses propres moyens, s'il ne pouvait retrouver le navire, il gagnerait le continent à l'endroit le plus proche, le cap Columbia, ce point d'où Peary avait pris la route du pôle en 1909.

Mais, pour assurer aux voyageurs les secours dont ils auront besoin, le Gouvernement norvégien a organisé une expédition que commande Godfred Hansen, ancien compagnon d'Amundsen dans sa tournée arctique de 1903-1906, et qui apportera les ravitaillements nécessaires. Partie en juin 1919, elle se disposait, après un hivernage, à gagner Etah, sur le détroit de Smith. Hansen comptait se diriger, en mars 1920, avec 12 ou 14 traîneaux, vers le cap Columbia, afin de faire un premier dépôt à mi-chemin, et d'en établir un second au cap même. Mais le plus tôt que l'expédition d'Amundsen pourrait y arriver en venant du pôle Nord, ce serait en 1921, et à cette date ce serait un succès.

Gustave Regelsperger.

LA TREMPE ET LE REVENU DES PRODUITS MÉTALLURGIQUES

DEUXIÈME PARTIE :

RELATIONS ENTRE LA THÉORIE DES ALLIAGES ET LES PHENOMÈNES DE TREMPE[1]

Pour qu'il y ait trempe, il est nécessaire, nous venons de le prouver par des faits précis, d'atteindre une certaine température.

L'étude de la constitution des alliages prouve que cette température correspond à une transformation dans la masse métallique ; celle-ci se trouve être le siège de réactions plus ou moins complexes. En un mot, le passage à travers une ligne de transformation correspond à une constitution autre que celle possédée par l'alliage au-dessous de ce point, et, au moment où le métal est soumis à un brusque refroidissement, il se trouve sous l'état stable à chaud, différent de l'état stable à froid.

Nous verrons, d'ailleurs, que ce fait capital, à savoir : que, pour prendre la trempe, un métal doit avoir, au moment même de l'opération, une constitution autre que celle possédée à température ordinaire, n'implique pas forcément le passage à travers un point de transformation. Actuellement ne considérons cependant que ce cas précis.

Les points de transformation présentés par les produits métallurgiques peuvent correspondre :

1° à des transformations allotropiques ;

2° à des réactions entre plusieurs constituants.

Comme exemples de transformations allotropiques, on peut citer pour les métaux les formes allotropiques du fer : fer α magnétique et ne dissolvant pas le carbone ; fer γ non magnétique et dissolvant le carbone, avec passage de l'une à l'autre forme à 900° ; les deux formes allotropiques du zinc mises en vue par M. Henry Le Chatelier par la variation de la résistance électrique ; pour les solutions solides, les exemples très nombreux de passage de l'état magnétique à l'état non magnétique, avec variations, souvent très accusées, du point de transformation avec la composition de la solution solide. A titre d'exemple, voici (fig. 12) la courbe bien connue des alliages nickel-cuivre riches en nickel ; on peut aussi citer les aciers à haute teneur en nickel ; on connaît enfin des combinaisons présentant des formes allotropiques : notamment la cémentite Fe^3C, présentant une anomalie à 210°[2] ; les combinaisons Ni^2Si^3, NiSb.

Cependant il faut bien noter, avec M. Chévenard, que la transformation réversible des substances ferromagnétiques paraît être d'une nature totalement différente de celle des changements d'états allotropiques. Elle correspond, en effet, à une modification *parfaitement continue* de toutes les propriétés du métal : le phénomène débute au

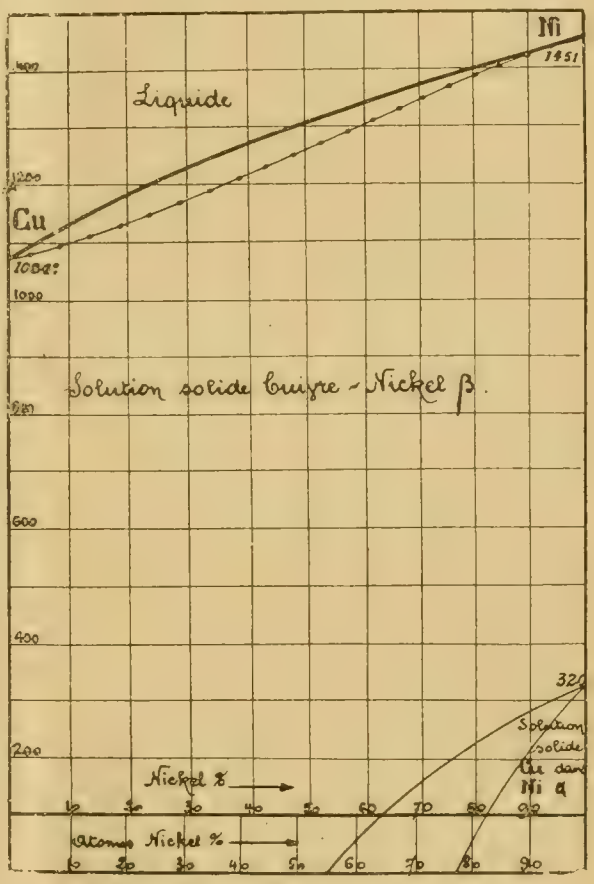


Fig. 12. — *Diagramme des alliages nickel-cuivre.*

zéro absolu, atteint un maximum d'intensité au voisinage d'une certaine température (point de Curie) et se poursuit dans tout le domaine de température correspondant à l'état solide.

D'après la loi des phases, les deux formes stables respectivement à basse et à haute températures doivent être miscibles en toutes proportions. La transformation anormale apparaît donc comme l'évolution continue d'une forme α, stable à froid, en une autre β, stable à haute température. β est amagnétique et possède une résistivité supérieure à α.

1. Voir la première partie de cet article dans la *Revue gén. des Sciences* du 15 juillet 1920, t. XXXI, p. 432 et suiv.

2. Wologdine et Honda (variation des propriétés magnétiques) ; Chévenard et Driesen (variation du coefficient de dilatation).

Dans certains corps, β est la forme la plus dense et la plus rigide. La transformation produit alors une condensation qui compense en partie la dilatation thermique normale. D'où l'apparition d'une anomalie de dilatation négative. C'est ce que l'on observe avec les ferronickels, ferrocobalts, la cémentite. Dans d'autres cas, β est la forme la moins dense, et la transformation entraîne une anomalie positive, comme dans la magnétite, les alliages nickel-cobalt, le nickel, etc. Mais les

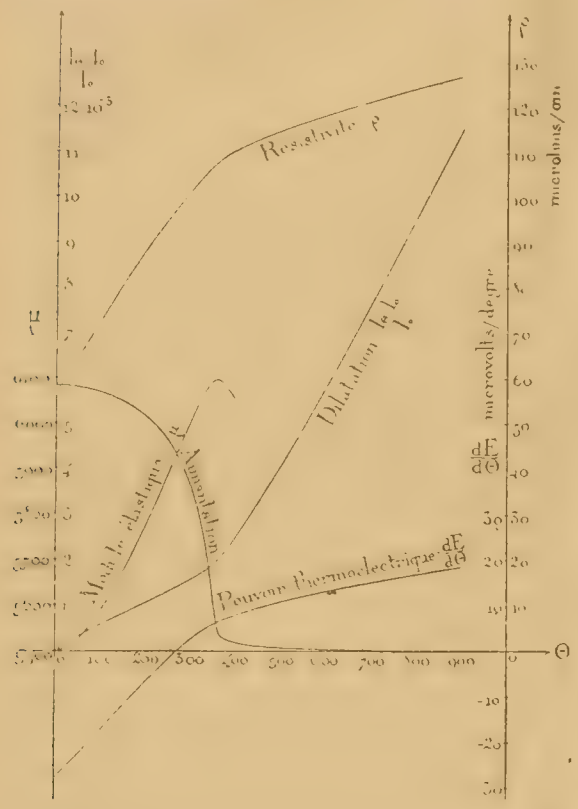


Fig. 13. — *Variation des propriétés dans les transformations magnétiques du ferro-nickel à 42 °/₀ de Ni* (Chevenard).

courbes de transformation ne présentent aucun point anguleux. M. Chévenard rapproche l'anomalie des substances ferromagnétiques de celle présentée par l'eau, avec le maximum de densité à 4°. (Notons en passant que la trempe, comme l'écrouissage, des ferronickels abaisse le point de Curie et augmente l'amplitude totale de l'anomalie ; la trempe agit de même pour la cémentite et les alliages nickel-cobalt) (fig. 13 à 15).

Les points de transformation peuvent aussi correspondre à des réactions plus ou moins complexes que l'on peut classer en trois catégories, étant entendu qu'une solution solide peut être remplacée par un métal (cas de la solution solide nulle) :

1° Sol. α + Sol. $\beta \rightleftarrows$ Sol. γ

Exemples : laitons ; bronzes ; bronzes d'aluminium.

2° Sol. α + Sol. $\beta \rightleftarrows$ Sol. α

Exemples : autres laitons, autres bronzes.

3° Sol. α + combinaison C $\rightleftarrows$ Sol. γ, ou Métal M + combinaison C $\rightleftarrows$ Sol. γ

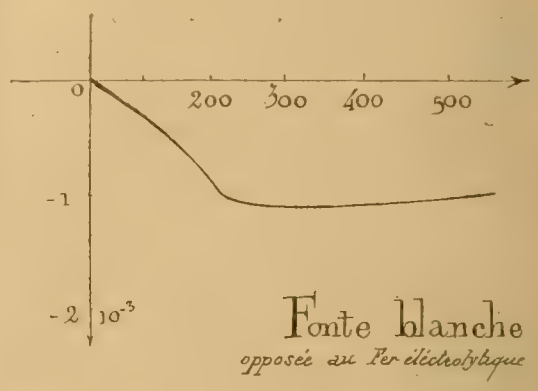


Fig. 14. — *Dilatation de la fonte blanche comparée au fer électrolytique.*

Exemple : acier : fer α + $Fe^3C \rightleftarrows$ Sol. (Fe γ — C).

4° Sol. α + Sol. $\beta \rightleftarrows$ Combinaison C.

5° Combinaison C + Combinaison C′ = Combinaison C″

Exemple : alliages nickel-antimoine.

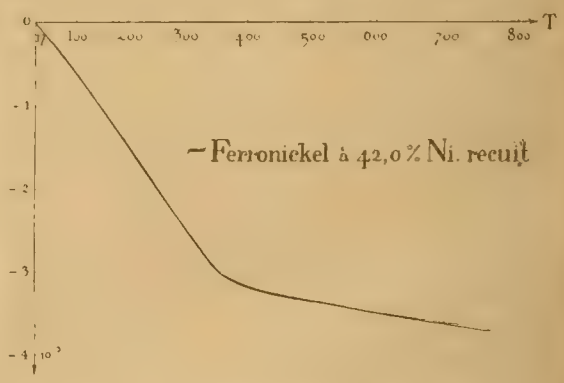


Fig. 15. — *Dilatation d'un ferro-nickel recuit.*

Mais le point important pour la question trempe n'est pas seulement de connaître la réaction ou la transformation ayant lieu, mais bien de savoir à quelle température elle se passe.

C'est, en effet, cette température qui va régler le chauffage préalable à la trempe ; nous verrons, en effet, — disons-le de suite, — que non seulement il faut atteindre le point de transformation, mais qu'aussi — à de rares exceptions près — il y a gros intérêt à ne pas dépasser de beaucoup cette température. En un mot, la connaissance de

cette position du point de transformation est d'une importance capitale.

Varie-t-elle — cette position — au hasard de la composition? Ne suit-elle pas quelques lois? Ne peut-on pas de quelques faits précis en déduire d'autres d'intérêt plus général?

C'est là qu'intervient la théorie générale des alliages. Elle éclaire d'une luminosité intense tous les traitements thermiques. Il nous est impossible de ne pas en rappeler — au point de vue qui nous préoccupe — les faits les plus importants.

I. — Théorie générale des alliages

Les produits métallurgiques peuvent renfermer quatre espèces de constituants : les métaux ayant conservé leur personnalité, des solutions solides, des combinaisons des métaux entre eux, ou avec des métalloïdes (oxydes, sulfures, phosphures, siliciures, etc.) ou, à l'état d'impuretés, des combinaisons salines (silicates, phosphates, etc. formant scories).

Nous savons aussi qu'en déduction de la loi des phases un produit métallurgique en équilibre à pression atmosphérique formé de n métaux contient au plus n constituants ; cependant, pour une température déterminée, il peut en renfermer $n + 1$; mais la moindre variation de température fera disparaître l'une des phases.

Enfin, en général, un alliage commence à se solidifier à une certaine température pour n'être entièrement solide qu'à une température plus basse. Si, donc, on étudie les points de solidification de toute la gamme des alliages formés par deux métaux, on a deux courbes : l'une appelée *liquidus*, au-dessus de laquelle le métal est entièrement liquide; l'autre appelée *solidus*, au-dessous de laquelle le métal est entièrement solide. D'autre part, si l'on étudie — avec des moyens suffisamment sensibles — le refroidissement des alliages solides, il arrive fort souvent que l'on décèle des ralentissements dans la vitesse de refroidissement, voire des dégagements de chaleur (recalescence). Ce sont les points de transformation qui, déterminés pour toute la gamme d'alliages, pourront donner des lignes de transformation. Un diagramme d'alliages binaires est donc constitué par le liquidus, le solidus et les lignes de transformation.

Des formes du liquidus et du solidus dépendent la constitution des alliages, du moins s'ils n'ont pas de points de transformation.

Mais cette constitution varie, suivant des lois bien précises, en passant à travers les lignes limitant les différents domaines, et il y a là encore un lien étroit entre la forme de ces lignes et la constitution des produits métallurgiques à froid et à température élevée.

Enfin il y a un parallélisme très remarquable — et qui n'a peut-être pas encore été suffisamment précisé — entre les lignes de transformation et les lignes de fusibilité.

Nous voudrions le faire ressortir ici, en étudiant rapidement les principales formes que les unes et les autres peuvent affecter et en faisant, dans chaque cas, un rapprochement immédiat entre les transformations se passant à partir du liquide ou dans le solide.

Pour chaque cas, nous nous efforcerons à trouver des exemples industriels

§ 1. — 1er cas : Solution solide unique ou à deux formes allotropiques.

A) *Transformation à partir du liquide* (fig. 16). — Le liquidus est formé d'une seule branche de

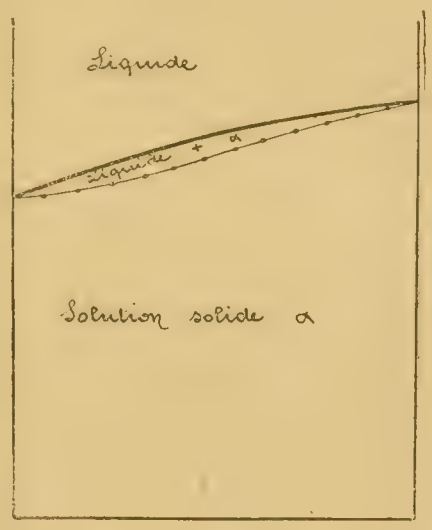


Fig. 16. — *Diagramme d'alliages à solution solide unique.*

courbe joignant les points de fusion des deux métaux purs. Elle peut posséder un maximum ou un minimum.

Le solidus est formé d'une seule branche de courbe (qui, dans le cas d'un maximum ou d'un minimum, passe par ce maximum ou ce minimum). Ses points extrêmes sont communs avec ceux du liquidus.

Dans ce cas, tous les alliages sont formés d'une solution solide unique.

B) *Transformations dans le solide* (fig. 17). — Mêmes formes des courbes de transformation : deux branches de courbe l'une au-dessus de l'autre; au-dessus de la première, première forme allotropique α de la solution solide; au-dessous de la seconde, seconde forme allotropique β; entre les deux courbes, $\alpha + \beta$.

Ici, transformation d'une forme allotropique

d'une solution solide en une autre forme allotropique de la même solution solide. Mais le début et la fin de la transformation sont généralement assez imprécis, de telle sorte qu'il est bien difficile de fixer la zone $\alpha+\beta$.

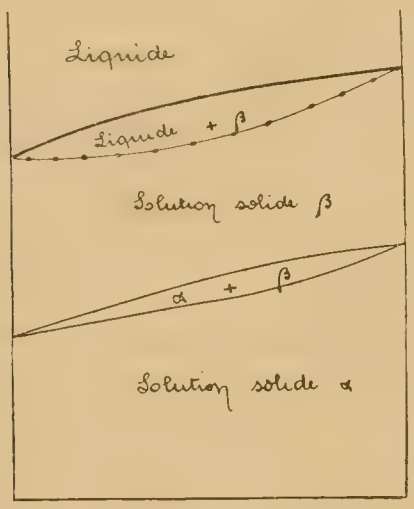


Fig. 17. — *Diagramme d'alliages à solution solide se présentant sous deux formes allotropiques.*

Exemples : alliages de cuivre et de nickel (fig. 17) ou aciers à haute teneur en nickel (C = 0,300, Ni $\geqslant$ 25 %).

§ 2. — **2e cas : Deux solutions solides avec eutectique ou eutectoïde**

A) *Transformations à partir du liquide* (fig. 18). — Le liquidus est formé de deux branches de

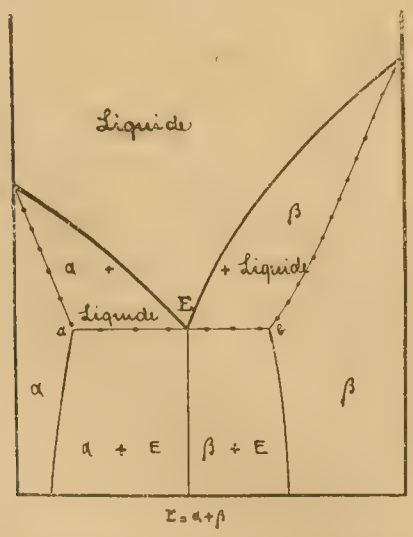


Fig. 18. — *Diagramme des alliages à deux solutions solides avec eutectique ou eutectoïde.*

courbes, se rencontrant en un point bas. Le solidus est constitué de deux branches de courbes situées, bien entendu, au-dessous des premières et une portion de droite horizontale passant par le point bas du liquidus. Ce point bas est un eutectique ; il est formé par le dépôt simultané des deux constituants qui se solidifient suivant les deux branches du liquidus. Il correspond à la réaction réversible : Liquide E $\rightleftarrows \alpha+\beta$.

Dans le voisinage des métaux purs, les alliages sont constitués par des solutions solides, dont les compositions limites, à la température de fusion de l'eutectique, sont données par les rencontres de branches inclinées du solidus et de l'horizontale. Mais les compositions limites de ces solutions peuvent varier au refroidissement; autrement dit, les zones du diagramme de ces solutions α et β peuvent être limitées, non par des verticales, mais par des courbes qui peuvent tourner leur concavité ou leur convexité vers l'axe des y. Ce point est capital.

Le diagramme indique 3 zones :

1° Solution α pure ;

2° Sol. α + Sol. β, ou mieux : à gauche de l'eutectique : Sol. α + eutectique, et à droite de l'eutectique : Sol. β + eutectique.

3° Solution β pure.

L'eutectique forme, de par l'état de division de ses constituants, un point de discontinuité dans certaines propriétés, spécialement la dureté.

Il faut citer plusieurs cas limites intéressants :

a) La solubilité aux deux extrémités du diagramme devient nulle : il n'y a plus de solution solide ; ce sont les métaux purs qui se déposent. Exemple : Pb — Sb.

b) La ligne horizontale du solidus devient de très faible longueur, l'eutectique n'a plus qu'une très faible importance; si l'horizontale n'existe plus, on a deux solutions solides ; le solidus et le liquidus n'ont pas au point bas de tangente horizontale, sans quoi il n'y aurait plus qu'une solution solide unique.

c) Le point d'eutexie coïncide sensiblement avec l'un des métaux : l'eutectique est constitué par le métal pur qui correspond à l'eutectique. Exemple : Cu — Bi.

B) *Transformations dans le solide.* — On peut noter avant tout que, si les zones renfermant l'une des solutions α ou β pure sont terminées par une courbe, certains alliages se transforment par chauffage en passant à travers cette ligne de transformation. Si la convexité de la courbe la plus proche de l'origine est tournée vers l'axe des y, certains alliages $\alpha+\beta$ se transforment en α pure par chauffage ; si la concavité est tournée vers l'axe des y, certains alliages formés de α pure donnent par chauffage $\alpha+\beta$.

Dans les deux schémas des figures 19 et 20, on voit que les alliages correspondant aux compositions $a' - a''$ sont transformés au chauffage; dans le premier cas, ils passent de la zone $\alpha + \beta$ à la zone α; dans le second cas, de la zone α à la zone

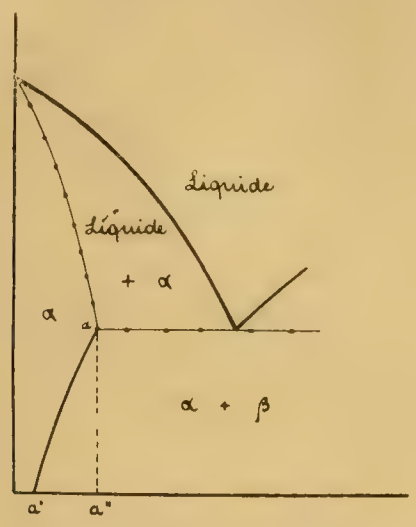


Fig. 19. — *Diagramme d'alliages subissant par chauffage des transformations dans le solide.*

$\alpha + \beta$. Mais il y a plus : on rencontre fréquemment des lignes de transformation affectant exactement les mêmes formes que le liquidus et

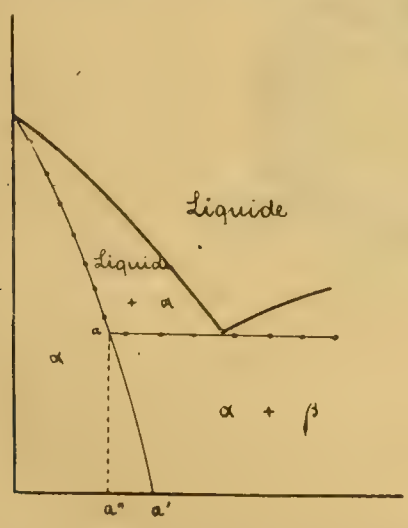


Fig. 20. — *Autre exemple de diagramme d'alliages subissant des transformations dans le solide par chauffage.*

le solidus, deux courbes se coupant à un point bas, une horizontale passant par ce point bas.

Deux cas analogues à ceux indiqués pour les transformations à partir du liquide sont à citer spécialement :

1° Suivant les deux lignes courbes se déposent deux solutions solides, dont les concentrations limites sont données par les points où les courbes coupent l'horizontale. Au point bas, se trouve l'*eutectoïde*, qui est, en somme, un eutectique se produisant dans le solide. Il est ici composé des deux solutions solides.

Exemples : les laitons dans la zone comprise entre 100 et 30 % de cuivre (fig. 21). On a :

de 100 à 63 % de cuivre, une solution solide α;

de 63 à 40 % de cuivre, $\alpha + \gamma$ avec formation d'eutectoïde ;

de 40 à 30 % de cuivre, la solution solide γ.

L'eutectoïde provient de la décomposition d'une solution β existant seulement à température élevée. La détermination des points de

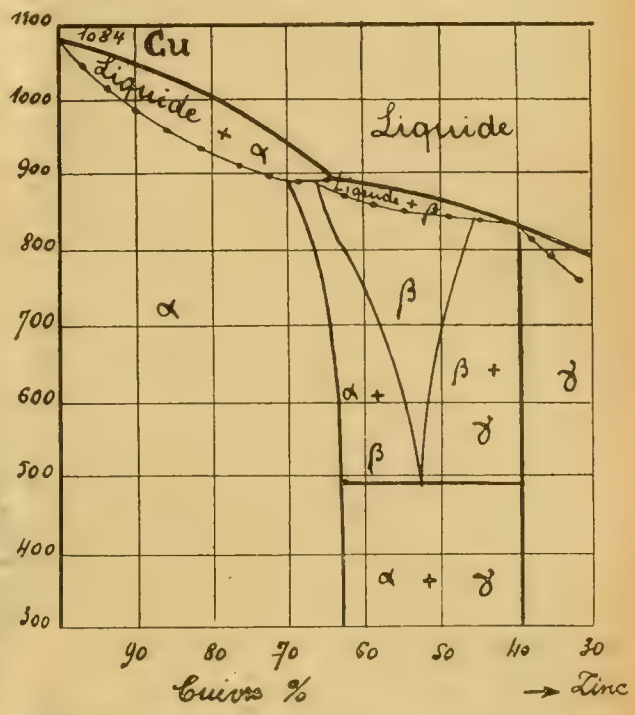


Fig. 21. — *Diagramme des laitons dans la zone comprise entre 100 et 30 %, de cuivre.*

transformation fixe cet eutectoïde à 53 % de cuivre, et à la température de 475°. Toutefois il faut noter que, micrographiquement, cet eutectoïde n'est pas résoluble en ses éléments : il apparaît, dans les attaques acides, sous une coloration noire, généralement uniforme. Nous verrons plus loin l'analogie remarquable qui existe entre ce constituant et celui que l'on obtient dans certaines conditions de trempe.

Nous avons déjà dit que, dans le cas où l'eutectoïde contient au moins une solution solide, le plus souvent la ligne qui limite cette solution solide est courbe, sa concentration variant avec la température. Il y a alors toute une série d'alliages formés de la solution solide qui ont à température élevée une structure autre qu'à

température ordinaire. C'est le cas de laitons contenant entre 64 et 70 % de cuivre : chauffés entre 500 et 900° suivant leur composition, ils voient une partie de α se transformer en β ; mais aucun ne prend la constitution β pure, si ce n'est peut-être quelques alliages à teneur très voisine de 64 % de cuivre, lorsqu'ils sont chauffés dans le voisinage du liquidus ; ceci est nettement démontré par le diagramme même (fig. 21).

2° La ligne horizontale passant par l'eutectoïde est prolongée jusqu'aux verticales des métaux. Les deux dépôts correspondent aux deux branches supérieures des lignes de transformation qui correspondent aux métaux eux-mêmes.

Il se peut que l'une des verticales limitant la ligne horizontale corresponde — non à un métal — mais à une combinaison des deux corps formant l'alliage.

Exemple capital : le diagramme des alliages fer-carbone (fig. 22).

Suivant la vitesse de refroidissement et la composition de l'alliage, la branche de courbe du liquidus partant de l'eutectique vers la droite correspond au dépôt du graphite ou du carbure de fer de formule Fe^3C.

De toute façon, du côté du fer pur, il y a formation d'une solution solide fer γ-C, dont le maximum de concentration en carbone est, à 1.130°, de 1,7 % de carbone (Charpy et Grenet).

L'eutectoïde E est donc formé par la décomposition de la solution solide en fer α et en carbure de fer (ou en graphite). D'ailleurs, la position de l'eutectoïde varie avec le dépôt. Industriellement, c'est l'eutectoïde fer α (ou ferrite) et carbure de fer Fe^3C (ou cémentite) qui nous intéresse.

Si l'on examine dans toute leur généralité les transformations apportées dans la structure des alliages par chauffage à température plus ou moins élevée, voici les importantes remarques auxquelles on est conduit :

a) Pour qu'il y ait un changement dans la structure, il faut chauffer au-dessus de la ligne horizontale correspondant à l'eutectoïde.

b) Mais la transformation n'est complète que lorsque l'on se trouve au-dessus des deux lignes courbes aboutissant à l'eutectoïde.

c) De plus, dans les cas analogues à celui des aciers, où l'eutectoïde comprend un des corps se formant à partir du liquide, il est toute une catégorie d'alliages pour lesquels le chauffage n'apporte que des modifications partielles, l'un des constituants ne pouvant entièrement entrer en solution.

Ainsi, dans les aciers, prenons un alliage à 1,5 % de carbone ; en le chauffant aux environs de 1.100°, nous le transformerons intégralement en solution fer γ-C.

Il n'en sera plus de même d'un alliage renfermant plus de 1,7 % de carbone : quelle que soit la température de chauffage, il sera formé de la solution fer γ-carbone saturée (C = 1,7) et contiendra de la cémentite, et cela d'autant plus que sa teneur en carbone est plus élevée.

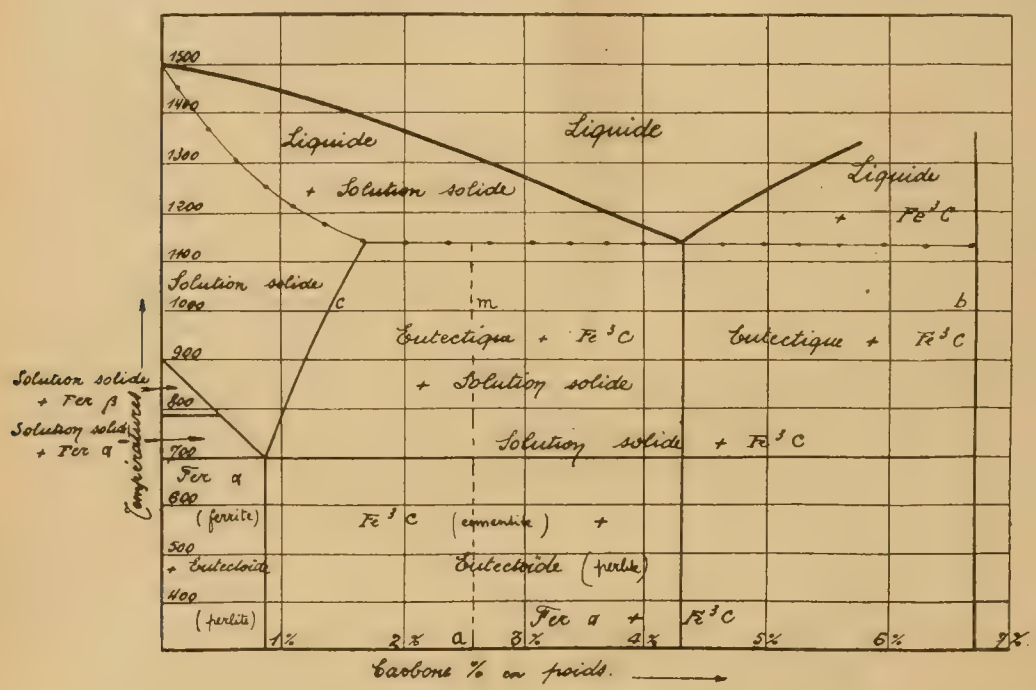


Fig. 22. — *Diagramme des alliages fer-carbone.*

Ici se place une importante remarque : quand la teneur en carbone d'un acier dépasse 1,7 %, lorsqu'on le chauffe, il se passe les phénomènes suivants :

Au-dessus de l'horizontale correspondant à l'eutectoïde, le fer α disparaît; il est remplacé par la solution fer γ-carbone. Pour un alliage de cette composition, la proportion de cette solution croît avec la température. En effet, pour un alliage de composition a à une température t, on a, ainsi qu'il sera démontré plus loin (fig. 22) :

$$\frac{Q_{\text{sol.}\gamma}}{Q_{Fe^3C}} = \frac{mb}{mc};$$

mc va en diminuant avec la température, par suite de la forme de la courbe. Donc la proportion de solution croît.

A la température de l'eutectique (1.130°), il y a le maximum possible de la solution (Fe γ-C); et la cémentite qui subsiste dans l'échantillon est celle qui se trouve dans l'eutectique, lequel correspond à 4,4 % de C.

Lorsque la teneur en carbone est comprise entre 0,9 et 1,7 % de carbone et que le chauffage est incomplet (fait au-dessus de 700° et au-dessous de la courbe limitant le fer γ), le carbure de fer est à l'état libre et non à l'état d'eutectique (puisque la ligne horizontale de l'eutectique n'a pas été traversée).

Quoi qu'il en soit, ne sont donc entièrement transformés par chauffage que les alliages renfermant moins de 1,7 % de carbone et, pour obtenir une transformation complète, il faut chauffer à des températures extrêmement variables avec la composition : pour des alliages à très faible teneur en carbone, il faut atteindre 900°; pour l'eutectoïde (C = 0,900), un peu plus de 700° est seul nécessaire ; tandis que pour 1,5 % il faut dépasser 1.000°.

On trouve des exemples d'eutectoïde non moins nets dans les alliages de cuivre et d'aluminium, et beaucoup plus complexes dans les alliages de cuivre et d'étain, qui présentent en somme deux eutectoïdes successifs, comme il sera dit plus loin.

§ 3. — 3e Cas : Deux solutions solides avec points de transition

A) *Transformations à partir du liquide.* — Le liquidus est formé par deux branches, l'une descendant à partir du point de fusion de l'un des deux métaux, l'autre montant à partir du point de fusion de l'autre métal. Ces deux lignes se rencontrent en un point dit *de transition E.* Le solidus est formé par deux branches de courbes issues chacune des points de fusion des métaux et coupant l'horizontale du point de transition en e_1 et e_2 (fig. 23).

Deux cas peuvent se produire :

1° e_2 se trouve entre E et e_1. La courbe AE correspond au dépôt d'une solution α; EB correspond au dépôt d'une solution β.

A l'horizontale e_1E correspond la réaction réversible :

$$\text{Solide } e_2 \rightleftarrows \text{liquide E} + \text{Solide } e_1.$$

La ligne e_1e_2 fait partie du solidus; la ligne e_2E est une transformation dans le liquide.

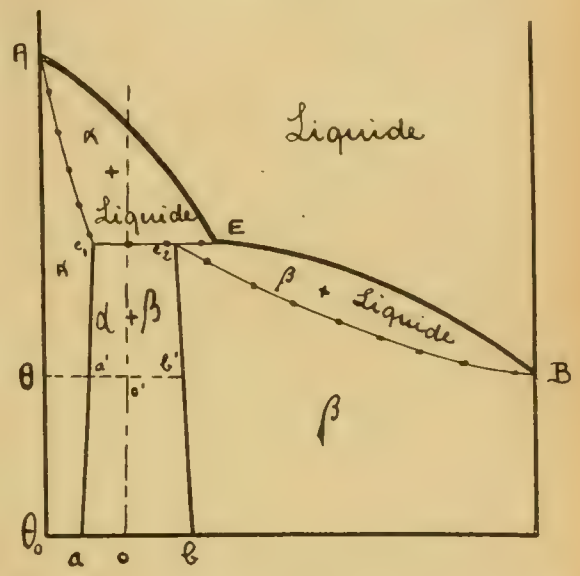


Fig. 23. — *Diagramme des alliages à deux solutions solides avec points de transition.*

Au passage de la ligne e_1e_2, on a pour les alliages compris dans les limites de ces points :

$$\alpha + \text{liquide} \rightleftarrows \alpha + \beta.$$

Au passage de la ligne e_2E, on a pour un alliage situé entre les limites de ces points :

$$\alpha + \text{liquide} \rightleftarrows \beta + \text{liquide}.$$

L'un de ces alliages arrivant à la température de fin de solidification (courbe e_2B) dépose du β pur.

Il y a donc une zone $\alpha + \beta$; cette zone part des points e_1e_2 et n'est pas forcément limitée par des lignes verticales.

B) *Transformations dans le solide.* — Examinons d'abord ce qui peut se passer dans la zone $\alpha + \beta$ limitée par des courbes. Nous allons voir de suite l'importance de ce cas.

On démontre aisément que le rapport des masses des deux constituants $\alpha + \beta$ est inversement proportionnel aux segments de la droite horizontale passant par le point figuratif de

l'alliage et allant aux courbes limitant ces deux solutions à la température ordinaire; on a :

$$\frac{Q\alpha}{Q\beta} = \frac{ob}{oa}.$$

Si donc on fait varier la température, il peut arriver que le rapport ob/oa varie ; par exemple pour θ, on aura : $o'b'/o'a'$.

Donc la constitution de l'alliage subit des transformations, non pas par suite de la formation d'un constituant nouveau, mais simplement

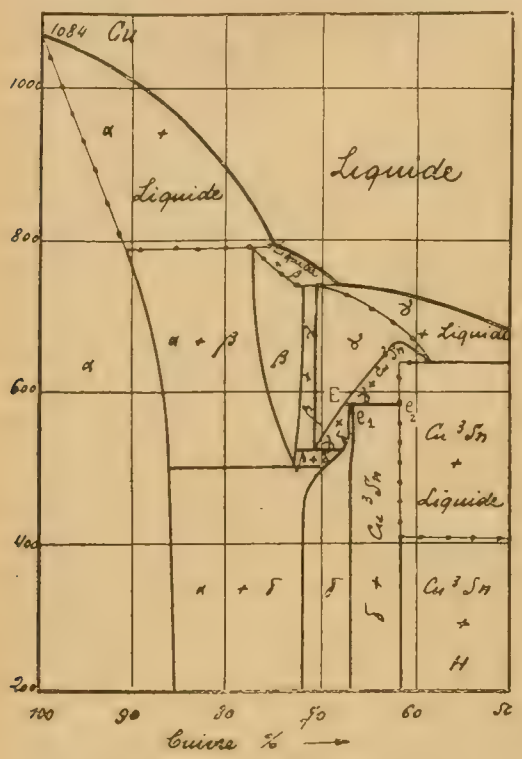


Fig. 24. — *Diagramme des bronzes.*

par différence de répartition des constituants déjà existants à la température ordinaire.

Le chauffage peut donc donner une nouvelle répartition des constituants, et cette transformation a lieu sans qu'il y ait passage à travers une ligne du diagramme.

D'autre part, il peut très bien se faire que les courbes de transformation présentent un point de transition. Un exemple du cas que nous étudions est donné dans les bronzes (fig. 24).

Nous avons en effet au point E :

$$\gamma + C \rightleftarrows \delta (C = Cu^3Sn).$$

(Ici il est à noter que le point e_2 correspond à la verticale aboutissant à un maximum dont nous aurons à nous préoccuper dans le cas suivant.) La solution γ joue ici le rôle du liquide dans le cas précédent.

2e Cas. — Le point e_1 est compris entre e_2 et E (fig. 25). Ce cas est beaucoup plus complexe que le précédent.

Examinons un alliage placé entre e_2 et e_1; amené à l'état liquide, puis abandonné à lui-même, il commence à se solidifier à T, il finit de se solidifier à t_1 (branche du solidus S_1). Mais en t_2, situé sur e_2e_1, il redevient en partie liquide pour finir de se solidifier en t_3 (branche du solidus S_2).

Ici encore, si les courbes L_1 et L_2 correspondent aux dépôts de constituants α et β, nous aurons une zone $\alpha + \beta$ partant des points e_1 et e_2.

Les courbes la limitant ne peuvent partir de

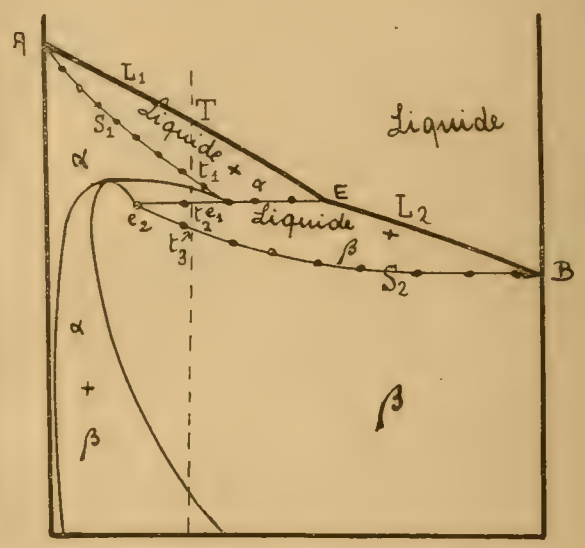


Fig. 25. — *Diagramme des alliages où le point e_1 est compris entre e_2 et E.*

ces points en descendant, puisqu'elles passeraient dans une région en partie liquide; elles doivent donc remonter au-dessus de la ligne e_2e_1; elles passeront par un maximum *commun* (à moins qu'elles ne viennent se joindre sur la verticale d'un composé défini ou d'un métal pur).

Puis elles se dirigeront avec certaines courbures vers l'axe des x. Un alliage compris dans cette limite $\alpha + \beta$ voit donc se modifier sa structure en fonction de la température.

Il peut évidemment, suivant sa composition et l'allure des courbes, passer dans le domaine de l'une ou l'autre des solutions pures, parvenir même à être en partie liquide et redevenir entièrement solide à température plus élevée; mais aussi il peut voir modifier le rapport des masses de ses deux constituants et cela en demeurant dans le même domaine du diagramme.

On doit citer ici un cas tout à fait remarquable de cette forme de diagramme; il s'agit des alliages de cuivre et d'étain (fig. 26).

Les études faites par MM. Heycock et Neville, Shepherd et Upton, Giolitti et Tavanti ont abouti à une forme de diagramme extrêmement complexe, la plus complexe parmi celles actuellement connues. A tous les points de vue, elle mérite de retenir notre attention.

On a un point de transition auquel correspond l'horizontale d. On y note les points d_1 et d_2.

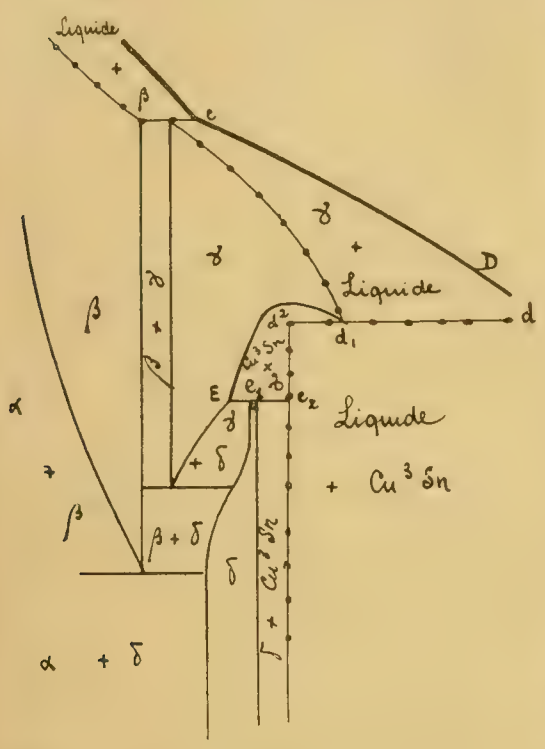


Fig. 26. — *Diagramme des alliages de cuivre et d'étain.*

A d_1 aboutit le solidus limitant la zone γ + liquide, γ étant la solution solide qui se dépose suivant la courbe CD.

d_1 est à droite de d_2; une partie de l'alliage se trouve donc liquide au-dessous de l'horizontale du point de transition d.

Des courbes partent des points d_1 et d_2. Elles doivent présenter un maximum commun. Ce maximum correspond à la combinaison Cu^3Sn. Donc la ligne partant de d_2 est une verticale.

Nous avons ainsi le diagramme de la figure 26, analogue à celui que l'on trouve à partir du liquide, la solution γ jouant ce rôle de liquide.

Un point de transition sur la branche inclinée de gauche — dont nous avons parlé précédemment — vient compliquer la variation de structure avec la température.

Et l'on note finalement deux eutectoïdes successifs E_1 et E_2, l'un formé à partir de la solution γ ($\beta + \delta$), l'autre qui prend naissance à partir de la solution β ($\alpha + \delta$).

En fin de compte, certains alliages peuvent ainsi présenter quatre points de transformation. C'est assurément le cas le plus complexe que l'on puisse signaler, avec peut-être celui des alliages Ni — Sb. Ce dernier est résumé dans le diagramme de la figure 27.

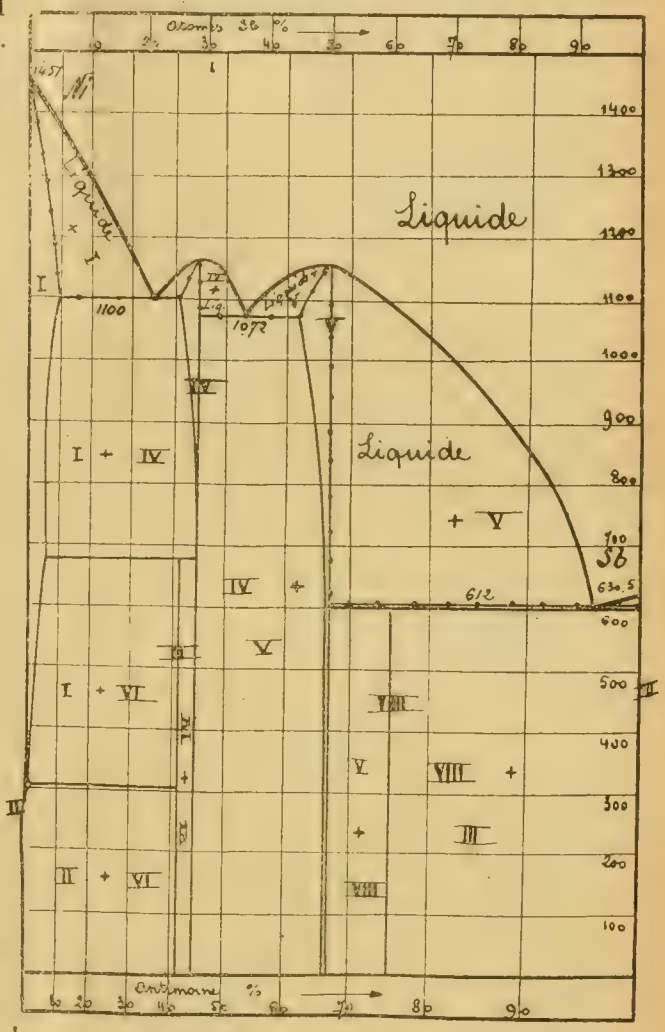


Fig. 27. — *Diagramme des alliages nickel-antimoine.*

I. Solution solide Ni-Sb. — II. Nickel pur. — III. Antimoine pur. — IV. Sb^2Ni^5, formant à température élevée une solution solide de faible variation. — V. SbNi (même caractère). — VI. $SbNi^3$. — VIII. Sb^3Ni^2.

§ 4. — 4° Cas : Trois solutions solides avec maximum et deux eutectoïdes

A) *Transformations à partir du liquide* (fig. 28). — Le liquidus est formé de deux branches de courbes issues des points A et B. Mais entre ces deux branches de courbes vient se placer une troisième branche avec maximum.

On raisonne sur un tel diagramme absolument comme sur celui du second cas ; il suffit pour cela de supposer le solidus coupé par une verticale passant par le maximum. Celui-ci peut donc correspondre à une solution solide ; alors le

solidus, qui passe toujours par le maximum, est formé de deux branches de courbes qui en partent. Si le maximum correspond à une combinaison (laquelle peut être considérée comme la

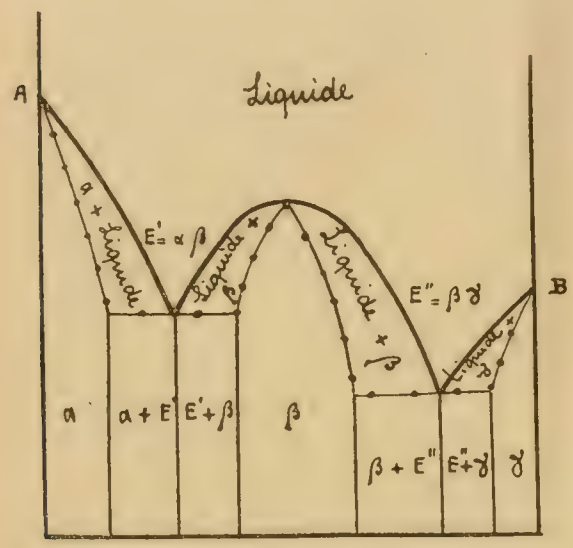


Fig. 28. — *Diagramme des alliages à trois solutions solides avec maximum et deux eutectoïdes.*

limite d'une solution solide), le solidus comprend la verticale passant par le maximum (fig. 29).

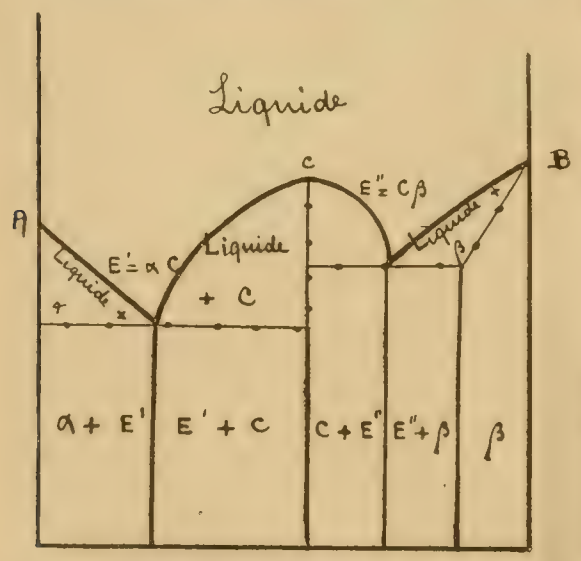


Fig. 29. — *Cas particulier de la figure 28, avec verticale passant par le maximum.*

Il est à noter que toute combinaison est dure et fragile, et que toute solution solide correspondant à un maximum possède les mêmes propriétés. Ceci constitue l'une des raisons qui font penser à beaucoup de physico-chimistes qu'à un maximum correspond toujours une combinaison, celle-ci pouvant entrer en solution solide ou n'en point former.

B) *Transformations à partir du solide.* — Les lignes de transformation peuvent évidemment présenter des maxima indiquant la formation de solutions solides ou de combinaisons. On peut avoir un diagramme comme celui de la figure 30.

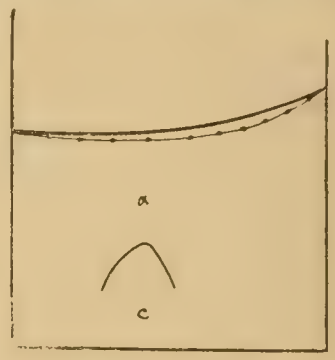


Fig. 30. — *Alliages à ligne de transformation présentant un maxima.*

Nous avons déjà signalé un maximum dans les lignes de transformation des bronzes ; il correspond à Cu^3Sn.

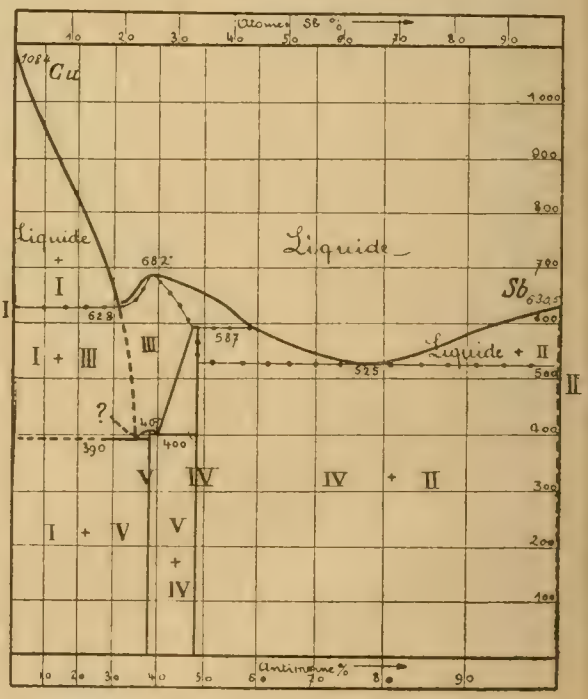


Fig. 31. — *Diagramme des alliages cuivre-antimoine.*

Mais voici trois exemples, dont le dernier particulièrement typique et intéressant pour l'industrie : ce sont les alliages cuivre-antimoine, cadmium-magnésium, et or-cuivre.

Les alliages cuivre-antimoine ont été très étudiés à maintes reprises, et toutes les recherches faites ont montré une grande complexité dans leur constitution. Sans entrer dans le détail des

travaux successifs qui y ont conduit, nous donnons le diagramme actuellement admis (fig. 31).

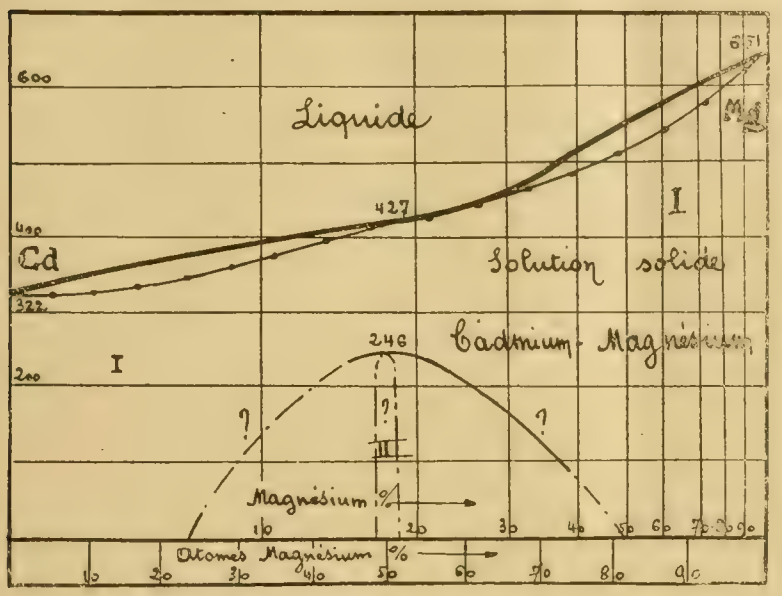


Fig. 32. — *Diagramme des alliages cadmium-magnésium.*

On voit que le cuivre ne donne, dans son voisinage immédiat, aucune solution solide; l'antimoine, lui, forme bien une solution solide, mais d'une étendue tellement infime qu'elle trouve à peine place sur le diagramme. On peut donc admettre aux extrémités du diagramme le cuivre pur et l'antimoine pur.

On note que le liquidus présente deux eutectiques et un point de transition. — Quant au solidus, il met en vue un point intéressant : l'horizontale du premier eutectique E_1 ne se prolonge pas au delà du point bas. Donc l'eutectique E_1 est formé de la solution pure, correspond au point de transition. — Mais là n'est pas le fait le plus remarquable, qui est celui indiqué par les points de transformation.

D'après les liquidus et solidus, les alliages cadmium-magnésium seraient formés d'une seule solution solide; mais on vient de montrer l'existence d'une ligne de transformation présentant un maximum très net, bien que des parties de cette courbe n'aient pu être précisées (fig. 32).

Les alliages or-cuivre sont beaucoup plus intéressants à étudier. Un premier fait connu depuis longtemps est l'impossibilité dans laquelle on se trouve de laminer à froid les alliages contenant de 20 à 30 % de cuivre, sans les avoir trempés au préalable; le métal, aigre et fragile, devient résilient et relativement mou après trempe. Ceci a lieu notamment pour l'alliage à 750 millièmes (3e titre légal : or rouge).

Or, si l'on se reporte à la constitution telle qu'elle découle du liquidus et du solidus, on est en droit de conclure que les alliages or-cuivre sont tous constitués par une seule solution solide (fig. 33).

D'autre part, la résistivité et même la dureté des alliages sont en relations avec la constitution. On sait notamment que, dans un domaine à une phase, la conductibilité électrique varie suivant une courbe continue, présentant un minimum souvent très accusé, la courbe faisant des chutes rapides aux environs des corps purs limitant la zone; quelques recherches semblent prouver que la dureté varie en sens inverse et qu'au maximum de résistivité correspond un maximum de dureté.

On voudra bien noter — sans que nous ayons à insister ici — que de ce fait le maximum de dureté peut ne pas correspondre à un maximum du liquidus, si celui-ci correspond à une solution solide.

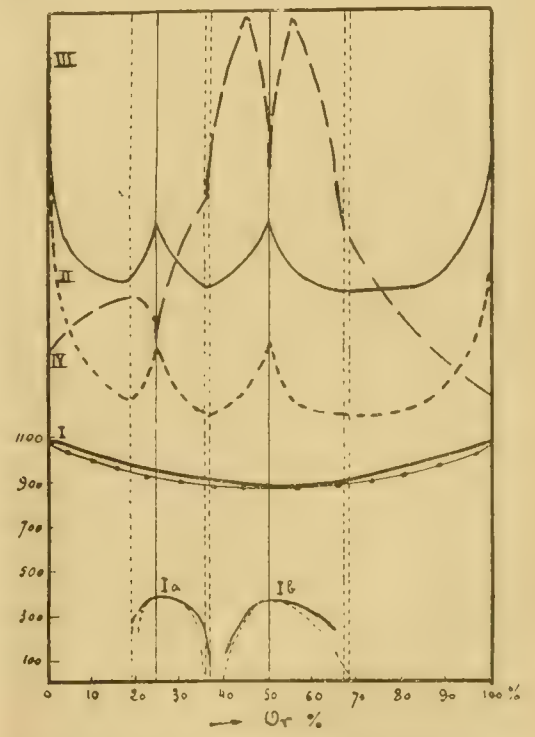


Fig. 33. — *Propriétés des alliages or-cuivre.*

I. Courbes de fusibilité. — I_a et I_b. Courbes de transformation. — II. Courbe de conductibilité électrique à 25°. — III. Courbe du coefficient de température de la résistance. — IV. Courbe de dureté.

Si l'on cherche la variation de la conductibilité électrique des alliages or-cuivre, on ne

trouve pas une courbe continue, mais bien une série de courbes indiquant deux pointements très nets. Ceux-ci doivent correspondre à des combinaisons. — La dureté indique également des variations qui ne permettent pas de croire à une solution solide unique (fig. 33).

De nouvelles recherches ont mis en vue deux lignes de transformation présentant chacune un maximum, l'un correspondant à la combinaison AuCu, l'autre à la combinaison $AuCu^3$.

Ce sont ces combinaisons que la trempe amène en solution, comme il sera dit plus loin. Notons actuellement que les alliages or-cuivre sont formés d'une solution solide unique au-dessus des lignes de transformation et que ceux de ces alliages situés au-dessous de ces lignes renferment une des combinaisons indiquées qui, comme toutes les combinaisons, sont dures et fragiles. Les courbes tracées par Kurnakow, Zemczuzny et Zasedatelev[1] (fig. 33) semblent indiquer que ces combinaisons forment en réalité des solutions solides (doubles courbes avec maximum commun); cela n'enlève rien aux remarques faites: on sait, en effet, que toute solution solide correspondant à un maximum a mêmes propriétés mécaniques que la combinaison.

II. — Conclusions sur les relations entre la trempe et la théorie des alliages

On aboutit à ces conclusions :

a) Pour qu'il y ait trempe, il faut que le métal ne possède pas à la température de l'opération la même constitution qu'à la température ordinaire (condition nécessaire, mais non suffisante). Ceci peut être obtenu : par passage à travers une ligne de transformation ou par variation dans la proportion des constituants.

b) La température de trempe, qui doit être supérieure au point de transformation, varie étrangement avec la composition des alliages, et lorsqu'un produit métallurgique présente plusieurs points de transformation, il faut, du moins dans le cas d'eutectoïde[2], se trouver au moment de la trempe à une température supérieure au point de transformation le plus élevé, si l'on désire obtenir le maximum d'effet de trempe.

c) La trempe peut correspondre à un changement de constitution, provenant d'une variation dans la proportion des constituants, cela sans qu'il y ait passage à travers une ligne de transformation; il faut alors que la zone du diagramme où se trouve l'alliage corresponde à l'existence de deux constituants (alliages binaires) et qu'elle soit limitée par des lignes courbes telles qu'avec la température la proportion de ces constituants varie.

Tous les cas de diagrammes que nous venons d'étudier et dans lesquels il y a variation de la constitution en fonction de la température (tout en restant au-dessous du solidus) peuvent donc se ramener aux seules formes suivantes :

1° Un eutectoïde prend naissance; c'est le cas le plus important (aciers, laitons, bronzes, bronzes d'aluminium). Cet eutectoïde peut être formé de deux métaux, d'un métal et d'une combinaison (ferrite et cémentite dans les aciers), de deux solutions solides (laitons, bronzes, bronzes d'aluminium), etc.

La bonne température de trempe correspondra à la zone de la solution pure existant seulement à température élevée.

2° Une ligne courbe sépare une région à constituant unique d'une zone à deux constituants :

Suivant l'inclinaison de la ligne, les alliages qui se transforment par chauffage sont :

Ou bien des alliages formés de α pure, qui donnent $\alpha+\beta$;

Ou bien des alliages formés de $\alpha+\beta$, qui donnent de l'α pure.

C'est un tel cas que l'on trouvera dans les alliages cuivre-aluminium riches en aluminium.

3° Une ligne courbe sépare une région à un constituant d'une autre zone à un constituant :

On passe de la forme α à la forme β d'une solution solide. On a alors deux lignes superposées, car il existe une zone $\alpha+\beta$.

On note pratiquement que, dans ce cas, la trempe ne se fait pas sentir, du moins dans les alliages étudiés jusqu'ici.

4° Une ligne présentant un maximum sépare deux zones du diagramme.

Les exemples cités déjà montrent l'existence d'une solution solide au-dessus de la courbe présentant un maximum, une combinaison isolée ou en solution dans la zone située au-dessous.

Le chauffage fait donc disparaître cette combinaison.

Ainsi se trouve bien démontrée la liaison étroite qui existe entre la théorie des alliages et la théorie de la trempe.

III. — Produits métallurgiques présentant une hystérésis dans les transformations

Nous avons supposé jusqu'ici que les points de transformation à l'échauffement et au refroidissement coïncidaient sensiblement, c'est-à-dire

1. *Journal of the Institute of Metals*, 1916; *Zeitschrift fur anorganische Chemie*, t. LIV, p. 179; 1907.

2. Nous disons dans le cas d'eutectoïde : il se peut, en effet, qu'un même alliage présente des transformations successives n'appartenant pas à un eutectoïde et qu'il n'y ait pas du tout intérêt à produire la transformation se passant à la température la plus élevée.

que la réaction correspondant au passage à travers la ligne de transformation se fait sensiblement à la même température à l'échauffement et au refroidissement.

Il n'en est pas toujours ainsi et ce phénomène est tout à fait capital.

Il y a, en effet, des alliages qui, de par leur composition chimique, présentent un retard très marqué dans la transformation au refroidissement, et cette hystérésis peut même atteindre une acuité telle que cette transformation n'ait pas lieu.

Examinons la question de façon plus attentive, en nous mettant dans le cas où l'alliage est simplement chauffé au-dessus de son point de transformation (celui correspondant à la température

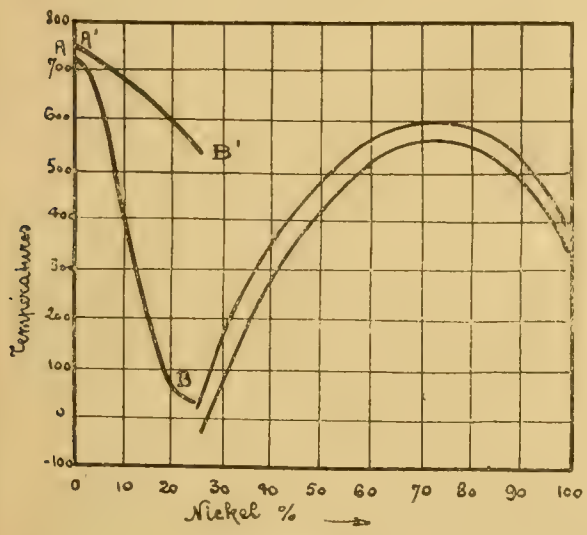


Fig. 34. — *Courbes des points de transformation des aciers au nickel.*

la plus élevée, s'il en possède plusieurs). Nous verrons ultérieurement que, pour certains alliages, l'hystérésis ne se produit que si l'on chauffe à une température plus élevée que le point de transformation.

Si, par exemple, nous prenons les aciers à faible teneur en carbone (C = 0,200) et renfermant des quantités croissantes de nickel, nous notons que :

1° La teneur en nickel étant inférieure à 27 %, les points de transformation ne contenant pas de nickel vont en s'abaissant très rapidement;

2° L'écart entre les points à l'échauffement et au refroidissement s'accentue au fur et à mesure que le nickel croît;

3° Lorsque la teneur en nickel dépasse 27 %, la transformation devient réversible.

D'où les deux grandes classes d'aciers au nickel : les aciers irréversibles et les aciers réversibles, le passage d'une classe à l'autre se faisant pour une teneur en nickel d'autant plus faible que la teneur en carbone est plus grande.

Jusqu'à la publication d'un tout récent mémoire de M. Dejean [1], on admettait, avec Osmond

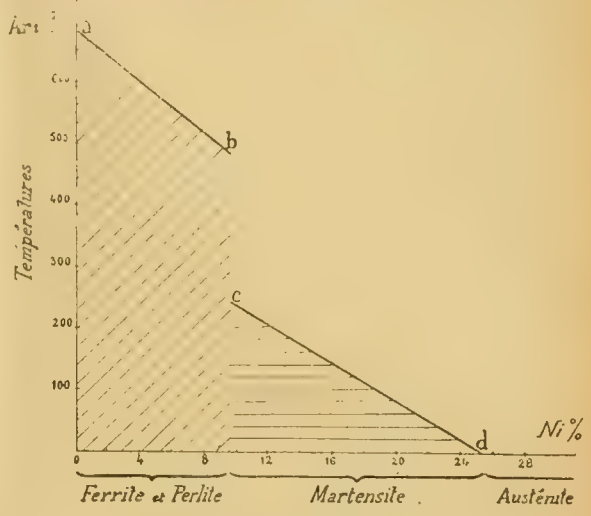


Fig. 35. — *Diagramme des points critiques de refroidissement des aciers au nickel à 0,2 % de carbone.*

et M. Dumas, que les courbes donnant la position des points de transformation étaient continues (fig. 34). Les recherches de M. Dejean ont montré que cela n'était vrai que pour la courbe

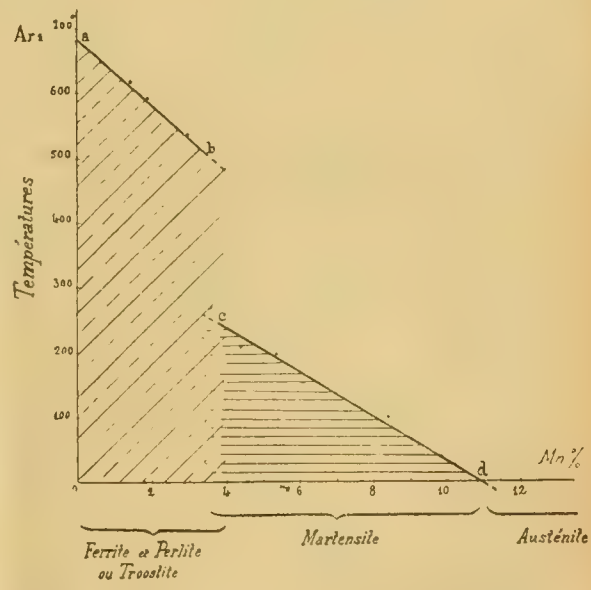


Fig. 36. — *Diagramme des points critiques de refroidissement des aciers au manganèse à 0,3-0,4 % de carbone.*

donnant les points de transformation au chauffage, et qu'au refroidissement il y avait une discontinuité extrêmement accusée dans l'abaissement du point de transformation. Les aciers

1. *Revue de Métallurgie*, septembre-octobre 1917; Mémoires, p. 640.

au nickel irréversibles se divisent en deux catégories : ceux renfermant, avec C = 0,200 %, de 0 à 10 % de nickel, dont le point de transformation au refroidissement est abaissé progressivement de 675° (point correspondant à l'eutectoïde fer α-Fe^3C) à 500° ; et les aciers contenant de 10 à 25 % de nickel, dont le point de transformation varie de 250 à 0°. — Il y a donc une saute brusque du point de transformation pour environ 10 % de nickel (fig. 35).

M. Dejean a établi des faits analogues pour les aciers au manganèse (fig. 36). Nous ne parlerons pas actuellement des constituants correspondant à ces alliages; il en sera question ultérieurement.

Toutefois, il semble y avoir une restriction à faire dans les résultats obtenus par M. Dejean. Les essais non encore publiés de M. Chévenard au laboratoire des Aciéries d'Imphy prouvent que le dédoublement du point Ar n'existe pas dans les aciers au nickel pratiquement dépourvus de carbone : C $\leqq$ 0,05. Voici (fig. 37) les courbes obtenues par M. Chévenard ; on voit que la courbe Ar est continue et il n'a jamais été constaté de dédoublement, avec la méthode dilatométrique, qui accuse cependant les moindres singularités. Le diagramme d'Osmond serait donc vrai pour les alliages fer-nickel.

La courbe θ_d de la figure 37 correspond au point d'inflexion des courbes d'anomalies dilatométriques des ferronickels réversibles. Ce point coïncide sensiblement avec le point de Curie déterminé par les méthodes magnétiques. Cette courbe θ_d est exactement réversible. Répétons que cette courbe θ_d semble bien être d'une autre nature que les courbes Ac et Ar, ainsi que nous l'avons déjà indiqué en résumant les observations de M. Chévenard.

Mais reprenons la question à un point de vue plus général.

Supposons un métal o ayant un point de transformation à l'échauffement T et un point de transformation au refroidissement t : l'hystérésis est représenté par l'écart T — t (fig. 38).

Pour transformer le métal par échauffement, il faut le chauffer au-dessus de T ; mais, après ce chauffage, tant qu'il sera au-dessus de t, il gardera l'état stable à température élevée ; en un mot, il sera transformé jusqu'au moment où il passe au refroidissement par la température t.

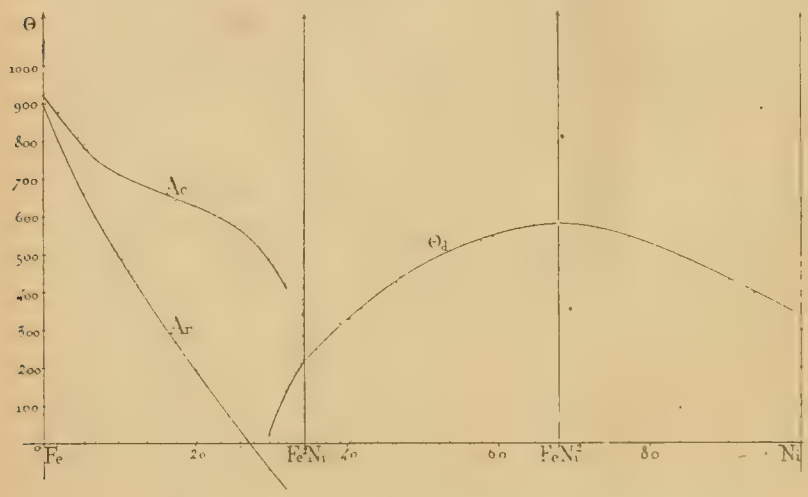


Fig. 37. — *Points de transformation dans les alliages fer-nickel* (C < 0,05 %).

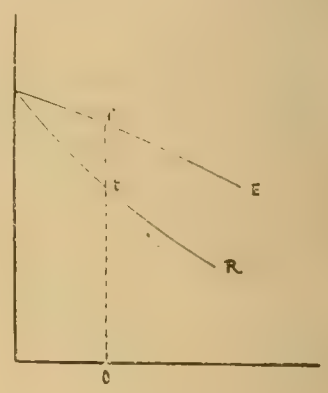


Fig. 38.

Quatre cas peuvent se produire :

a) l'écart T — t est de faible importance et t a une valeur élevée; les phénomènes sont sensiblement ceux qui se passent pour les aciers réversibles.

b) l'écart T — t est important et t est situé au-dessous de la température ordinaire ; le métal conserve à la température ordinaire intégralement la constitution qu'il possède à température élevée;

c) l'écart T — t est assez important et t est situé aux environs de 350°. Au chauffage, la réaction de transformation se passe à T ; la réaction inverse devrait se passer au refroidissement à cette température de 350° ; mais les molécules ne sont plus mobiles ; la réaction est incomplète ; la constitution du métal participe et de l'état stable à température élevée et de l'état stable à température ordinaire ;

d) l'écart T — t est faible, du même ordre de grandeur que dans le premier cas, mais t et T sont au plus égal à 350°. Il se passe au refroidissement la même chose que dans le cas précédent.

Mais alors que le métal du troisième cas peut être adouci par un chauffage à température un

peu inférieure à T (nous en parlerons à propos du revenu), ou même parfois par chauffage à température supérieure à T suivi d'un refroidissement extraordinairement lent, l'alliage du quatrième cas ne peut en aucun cas être adouci. Dans le troisième cas, le chauffage suivi d'un refroidissement lent peut avoir comme effet de remonter le point de transformation à une température supérieure à 350°.

On voit doncque la position du point de transformation d'une part, les phénomènes d'hystérésis d'autre part, interviennent d'une façon toute particulière dans la constitution du métal.

Disons de suite — nous y reviendrons plus loin — que, du moins dans les aciers spéciaux (des observations analogues n'ont pas encore été signalées pour les autres produits métallurgiques), les alliages ayant un point de transformation entre 350° et la température ordinaire présentent des caractéristiques mécaniques — et, nous verrons, structurales — analogues à celles des aciers trempés.

En résumé, les points établis jusqu'ici par l'expérience sont les suivants :

1° Pour qu'il y ait trempe, il faut chauffer à une température telle que le métal ne possède pas au moment de la trempe la même structure qu'à la température ordinaire.

2° Il faut que le refroidissement se fasse avec une certaine vitesse — d'ailleurs variable avec les alliages.

3° La température de chauffage est en relation immédiate avec le diagramme des alliages.

Dans un prochain article, nous examinerons l'influence de la trempe sur les propriétés mécaniques et la structure des produits métallurgiques.

L. Guillet,
Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers,
et à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures.

REVUE DE PALÉONTOLOGIE ANIMALE

Une Revue annuelle de Paléontologie a déjà été donnée dans ce périodique, il y a dix ans, par M. le doyen Depéret, de la Faculté des Sciences de Lyon. Le Comité de Rédaction, en décidant en 1920 de reprendre la tradition interrompue, me demanda d'esquisser ici chaque année les progrès accomplis dans le domaine de la Paléozoologie.

Je limiterai mon exposé aux travaux, parus en 1917, 1918 ou 1919, renfermant des données qui me paraîtront devoir exercer une influence sur les idées directrices en matière de Paléontologie animale. Dans ce premier article, j'ai dû mentionner, par suite de l'absence de revues annuelles antérieures, certains travaux remontant à plusieurs années, dont des publications récentes constituent simplement la suite. J'y ai fait figurer aussi des mémoires étrangers arrivés tardivement en France. Les uns et les autres seront disposés suivant l'ordre zoologique, qui est celui se prêtant le mieux à l'étude des anciennes faunes.

Avant d'entrer dans l'exposé détaillé des notes qui retiendront notre attention, je voudrais dire quelques mots des tendances qui se manifestent actuellement dans le domaine des recherches paléontologiques. La science des fossiles, dominée depuis longtemps déjà par l'idée d'Évolution, est passée par les mêmes phases historiques que les doctrines biologiques.

Présentée il y a peu de temps encore sous un jour trop simple et trop absolu, la notion d'Évolution s'est singulièrement modifiée. Elle a vu s'affirmer le polymorphisme de ses modalités. La conception qui consistait à admettre l'existence, dans les groupes zoologiques, d'un petit nombre de chaînons continus, faiblement divergents, subissant des modifications sensiblement parallèles et toujours de même sens est aujourd'hui abandonnée. Les ramifications de l'échelle des êtres sont infiniment nombreuses et presque toujours discontinues; elles se traduisent par des changements qui affectent des directions s'irradiant en tous sens.

C'est précisément la notion d'Évolution qui occupe la plus grande place dans les deux derniers ouvrages didactiques publiés par les paléontologistes américains : *Organic Evolution, A Text-book*, de R. S. Lull [1], et *The Origin and Evolution of Life*, de H. F. Osborn [2], tandis que les paléontologistes anglais et allemands se contentaient de mettre à jour, dans de nouvelles

1. New-York, 1917.
2. New-York, 1918.

éditions, les manuels en usage dans leurs universités [1].

I. — Foraminifères

Les Nummulites de l'Éocène inférieur d'Aquitaine

Le mémoire que H. Douvillé [2] vient de consacrer aux Nummulites de l'Éocène inférieur apporte des précisions sur les premières phases de l'évolution de cet important groupe de Foraminifères.

De récentes découvertes ont fait reculer quelque peu, dans l'échelle des temps géologiques, la date d'apparition de ces êtres unicellulaires : de petites formes de Nummulites ont, en effet, été trouvées vers le sommet de la série crétacée, dans l'étage maestrichtien, à l'oasis de Farafrah (*N. Fraazi*) et au cap Passaro (*N. deserti*).

A l'Éocène inférieur, on assiste à un brusque épanouissement de ces intéressants Protozoaires. Les formes mégasphériques sont encore de petite taille, tandis que les formes microsphériques atteignent 4 millimètres de diamètre.

Puis apparaissent des formes de plus grande taille, les unes lenticulaires et assez renflées, les autres moyennement aplaties; certaines enfin, à flancs très déprimés, rappellent les Operculines.

Si les conditions de vie sont favorables, on voit se développer progressivement des granules ou des cloisons à l'intérieur des loges. Quatre rameaux, d'un polymorphisme assez accusé, se différencient ainsi dans l'Éocène inférieur. Ils atteignent leur maximum de développement dans l'Éocène moyen, que caractérise le niveau des *grandes Nummulites*. Les uns disparaissent brusquement après avoir atteint leur taille maxima; les autres, de dimensions moyennes, déclinent progressivement dès le Lutétien supérieur. Leur déchéance s'accentue dans l'Oligocène, où l'on ne trouve plus que de *petites Nummulites*.

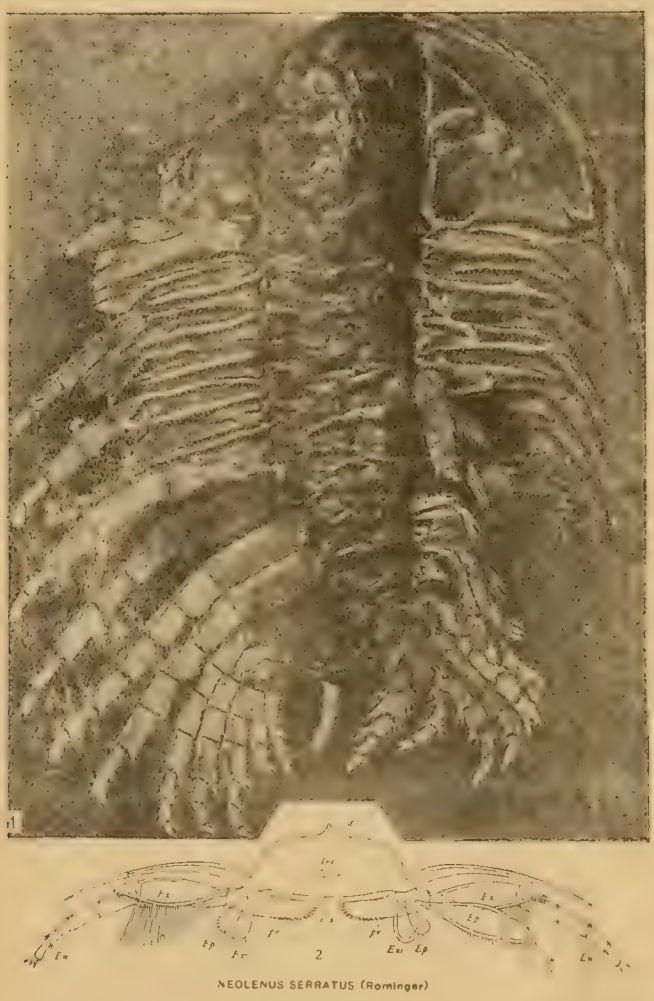


Fig. 1. — *Neolenus serratus* Rom. (Trilobite Opisthoparié) (× 1,4) Cambrien moyen, Colombie britannique (d'après Walcott).

II. — Crustacés

Les Trilobites du Cambrien de la Colombie britannique

Charles D. Walcott, l'éminent paléontologiste, qui vient d'être élu Associé étranger de l'Académie des Sciences, a entrepris, il y a quelques années, la publication, dans les *Smithsonian Miscellaneous Collections*, d'une magistrale série d'études sur la Géologie et la Paléontologie du Cambrien de la Colombie britannique.

28 monographies, qui forment les 4 premiers tomes de cette œuvre considérable, ont déjà vu le jour. L'avant-dernier paru, arrivé depuis peu en Europe, donne des reconstitutions tout à fait remarquables de la série des appendices des Trilobites, d'après des individus d'une merveilleuse conservation [1]. Le dernier offre des représentations d'une incomparable netteté de la structure

1. H. Woods : Palæontology. Invertebrate. Cambridge, 1919 (5e édition).
K. von Zittel, F. Broili und M. Schlosser : Grundzüge der Paläontologie (Paläozoologie). München, 1919 (3e édition).
2. L'Éocène inférieur en Aquitaine et dans les Pyrénées. *Mém. Carte Géol. France*, 1919, 84 p. et 7 pl. — Cf. Les Nummulites, évolution et classification. *Compt. rend. Acad. Sc.*, 31 mars 1919.

1. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, LXXIII, 4, Cambrian Geology and Paleontology, IV, 4, Appendages of Trilobites, 1918.

interne d'une Holothurie (*Portalis mira*) et d'un Crustacé (*Helmetia expansa*)[1].

Dans les fascicules déjà imprimés, Walcott avait traité d'un certain nombre de groupes zoologiques récemment découverts dans le plus ancien terrain dont la faune nous soit aujourd'hui bien connue. Le savant secrétaire de la « Smithsonian Institution » avait été ainsi amené

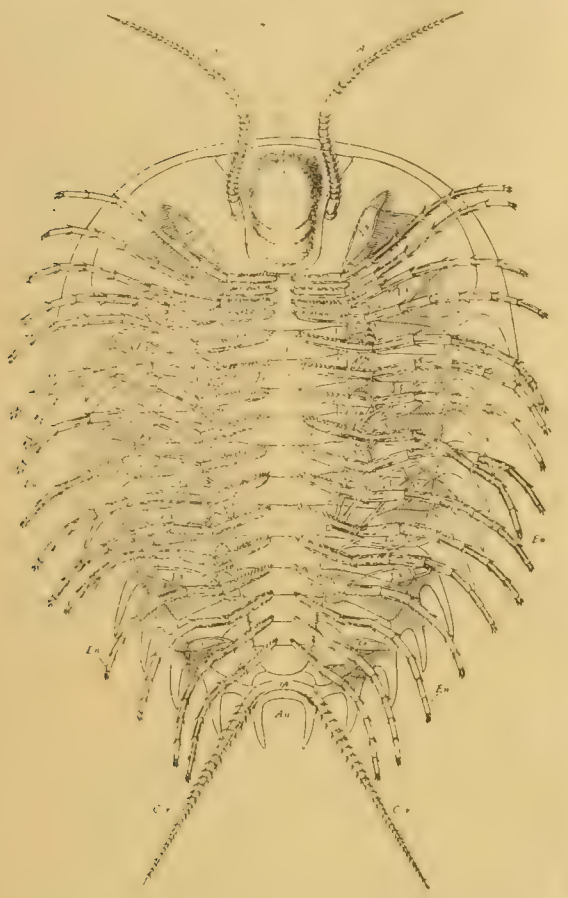


Fig. 2. — *Neolenus serratus* Rom. *Reconstitution de la face ventrale* (d'après Walcott).

à décrire une Méduse, 4 Holothuries[2], 60 genres de Brachiopodes[3], 20 Annélides[4], 10 Branchiopodes, 11 Malacostracés, 6 Mérostomes[5] et de très nombreux Trilobites.

Dans son avant-dernier opuscule, Walcott a synthétisé tout ce que l'on sait d'essentiel sur la structure du corps, sur les modes de locomotion et sur les conditions de la vie des Trilobites.

Les principales espèces utilisées par le paléontologiste américain pour la reconstitution de la face inférieure de ces Crustacés sont *Neolenus*

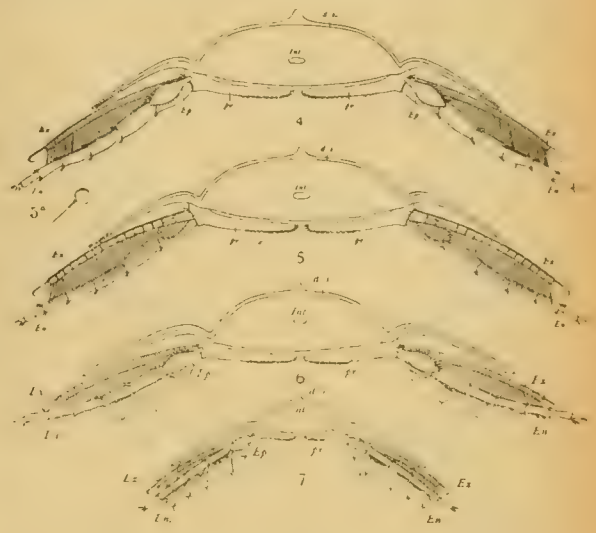


Fig. 3. — *Triarthrus Becki* Green (Trilobite Opisthoparié). *Sections transversales du segment thoracique et des appendices* (× 2,5) (d'après Walcott).

serratus, *Calymene senaria*, *Triarthrus Becki* (fig. 1-4). L'ontogénie de cette dernière espèce a pu être complètement retracée depuis l'état larvaire.

Fig. 4. — *Appendices thoraciques de divers Trilobites : Neolenus serratus* Rom. (4), *Triarthrus Becki* Green (5), *Calymene senaria* Conr. (6), *Cesaurus pleurexanthemus* Green (7) (d'après Walcott).

Mais c'est surtout la découverte des antennules, des appendices ventraux et des branches caudales admirablement conservées dans *Neolenus* qui a déterminé Walcott à voir dans les Trilobites un ordre très spécialisé voisin des *Mérostomes* (Limules). Des analogies s'observent également

1. *Ibid.*, LVIII, 12, 1919.

2. *Ibid.*, LVII, 3. Cambr..., II, 3, Middle Cambrian Holothurians and Medusae, 1911.

3. *Ibid.*, LIII. Cambr..., I, 3, Cambrian Brachiopoda. Descriptions of new genera and species, 1908. — 4, Classification and terminology of the Cambrian Brachiopoda, 1908.

4. *Ibid.*, LVII, 5 Cambr..., II, 5, Middle Cambrian Annelids, 1911.

5. *Ibid.*, LVII, 2. Cambr..., II, 2, Middle Cambrian Merostomata, 1911. — Cambr..., II, 6, Middle Cambrian Branchiopoda, Malacostraca, Trilobita and Merostomata, 1912.

entre les Trilobites et les *Branchiopodes* (*Apus*), les *Malacostracés* (*Anaspides*, *Koonunga*, *Paranaspides*), les *Phyllocardes* (*Nebalia*). Les Branchiopodes seraient le groupe ancestral des Ostracodes, des Phyllocardes-Malacostracés et des Trilobites, ceux-ci ayant à leur tour donné naissance aux Mérostomes.

Walcott pense que les Trilobites ont dû vivre, les uns en haute mer, les autres auprès des côtes à des profondeurs variables. Leur nourriture se composait de Vers et d'autres petits animaux vivants, ainsi que d'Algues. Leur respiration était assurée par un très grand nombre de soies que portaient les exopodites, les épipodites et les exites des membres céphaliques, des membres thoraciques et des membres abdominaux. Leur développement comportait un stade *protonauplius*.

III. — Insectes

La faune entomologique du Permien et du Trias d'Australie

Deux mémoires de R. J. Tillard[1] apportent une importante contribution à la connaissance des faunes entomologiques du Permien et du Trias de l'Australie.

Le nouveau genre *Protopychopsis* du Trias supérieur d'Ipswich (Queensland) appartient à l'ordre des Névroptères, tandis que, jusqu'à ce jour, le plus ancien représentant de ce groupe, observé dans l'hémisphère nord, ne remontait qu'au Lias supérieur. *Mesopsyche* et *Triassopsyche*, qui ont la même provenance, sont des Trichoptères (Phryganes) : ils se rattachent donc à un ordre qui n'avait été signalé jusqu'à présent que du Lias supérieur et des terrains plus récents. Les Protomécoptères, également néotriasiques, relient les Paléodictyoptères du Carbonifère et du Permien inférieur aux Mécoptères. Ceux-ci sont eux-mêmes représentés, dans le Permien de la Nouvelle-Galles du Sud par *Permochorista* et *Mesopanorpa*. Les Odonates, qui étaient considérés précédemment comme débutant dans le Lias supérieur, sont représentés par les deux genres *Triassolestes* et *Perissophlebia* dans le Trias australien. De nouveaux genres d'Homoptères de la Nouvelle-Galles du Sud, *Permoscarta* et *Permofulgor*, types affines des ancêtres des Fulgoridés, font remonter l'apparition de cet ordre du Lias au Permien. Enfin nous ne connaissions pas d'Insectes reliant les Protorthoptères du Carbonifère supérieur et du Permien inférieur aux Orthoptères du Lias et des terrains plus récents : *Notoblattides* du Trias supérieur de la Nouvelle-Galles du Sud vient combler cette lacune.

1. Mesozoic Insects of Queensland. *Proc. Linn. Soc. N. S. Wales*, XLII, 1917, pp. 175-200, 679-692 ; XLIII, 1918, pp. 417-436, 568-592. — Permian and Triasic Insects from New South Wales in the Collection of Mr. John Mitchell. *Id.*, pp. 720-756.

IV. — Lamellibranches

Les déformations des Lamellibranches anatinacés par la pression des roches

Différents genres de Lamellibranches anatinacés, *Pleuromya*, *Pholadomya*, ont subi, du fait des pressions considérables auxquelles ils ont été soumis dans les couches de l'écorce terrestre, des changements de forme notables. Ces modifications accidentelles ont souvent induit en erreur les paléontologistes et les ont conduits à décrire des espèces nouvelles fictives. H. Rigeneck[1] propose, pour éviter ces erreurs, d'effectuer au préalable des expériences de compression sur des moulages et de délimiter ainsi la série des déformations artificielles réalisables pour chaque type bien défini. L. Rollier[2] suggère, au contraire, d'avoir recours à des calculs trigonométriques pour déterminer les limites de possibilité de ces modifications. Une solution qui me paraît plus simple est celle qui consiste à restreindre le nombre des types spécifiques synchroniques aux seules formes présentant des particularités dans l'ornementation.

V. — Gastropodes

L'évolution des Trochoturbinacés

Les Gastropodes du groupe des *Trochoturbinacea*, qui seraient dérivés des *Trochonematacea* paléozoïques, viennent de faire l'objet d'une revision de M. Cossmann[3]. La sous-famille *Conulinæ*, qui existe encore, proviendrait des *Discordichilus* par l'intermédiaire des *Proconulus* de l'ère secondaire. Le groupe des *Trochoturbinacea* serait caractérisé par l'inégalité d'inclinaison du labre et de la columelle, en sorte que le péristome n'est ni plan, ni non plus développé suivant une surface cylindrique, comme dans les *Turbinidæ*. En dehors de cette différence d'ordre géométrique, les deux groupes offrent de grandes similitudes de forme et d'ornementation, dues sans doute à l'analogie des conditions de milieu.

1. Die pelomorphe Deformation bei den jurassischen Pholadomyen und ihr Einfluss auf die bisherige Unterscheidung der Arten. *Mém. Soc. Paléont. Suisse*, t. XLII, 1917, 67 p., 4 pl.

2. Fossiles nouveaux ou peu connus des terrains secondaires (mésozoïques) du Jura et des contrées environnantes. *Id.*, p. 503-696, pl. I-XL.

3. Essais de Paléoconchologie comparée, XIe livr., 1918, Paris, in-8°, 385 p., 11 pl.

VI. — Céphalopodes

La morphologie et le développement de la cloison des Ammonites

H. H. Swinnerton et A. E. Trueman[1] ont eu l'idée de reporter sur un plan, au moyen de courbes de niveau, l'image de la surface de chaque cloison d'Ammonites, puis ils ont tracé sur ce plan des parallèles à la périphérie de la cloison; enfin ils ont dressé les profils de la cloison correspondant à chacune de ces parallèles : ils ont ainsi obtenu ce qu'ils ont appelé des « septal sections », qui du centre vers la périphérie témoignent d'une complication graduelle très comparable à celle qu'offre le développement de la ligne de suture (fig. 5 et 6).

Deux élèves du laboratoire de Géologie de la Sorbonne, S. Coemme et C. Nicolesco[2], se sont

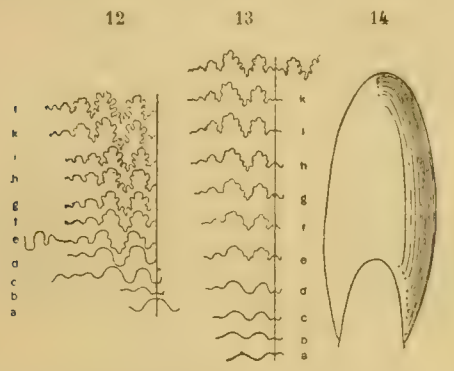


Fig. 5. — *Tragophylloceras Loscombi* Sow. (Ammonite) Lyme Regis. 12. Développement de la ligne suturale. 13. Série des sections septales d'une même cloison. 14. Trace des sections septales sur la cloison (d'après Swinnerton et Trueman).

appliqués, dans ces dernières années, à perfectionner les moyens de reproduction de la cloison des Ammonites et sont arrivés à des résultats fort intéressants.

S. Coemme a d'abord pris des empreintes galvanoplastiques qui, redressées sur un plan, pouvaient être tirées à la presse comme une épreuve de gravure. Plus tard, elle adopta un autre procédé, consistant à noircir à la plombagine les creux cloisonnaires; puis à appliquer une couche de collodion sur la partie à reproduire, fixant ainsi le tracé de la suture sur la pellicule sous la forme d'une ligne noire.

C. Nicolesco emploie de la celluloïdine dont il étale deux couches de concentrations différentes sur la surface cloisonnaire; après évaporation complète du dissolvant, il obtient une pellicule qu'il étale sous presse et monte entre une lame et une lamelle. Si la cloison est très fine, il fait pénétrer au préalable dans le creux cloisonnaire du noir de fumée, du vermillon ou des colorants chimiques variés.

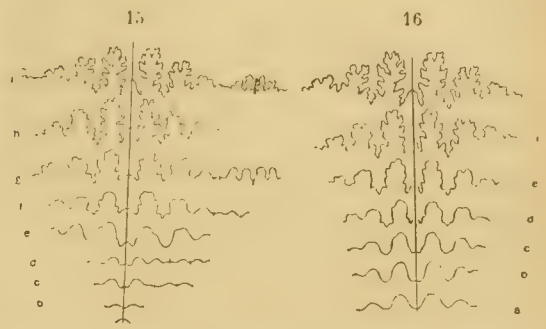


Fig. 6. — *Sphæroceras Brongniarti* (Ammonite) Sherborne. 15. Développement de la ligne suturale; 16. Série des sections septales d'une même cloison (d'après Swinnerton et Trueman).

Les Goniatites du Gothlandien d'Angers

O. Couffon[1] vient d'apporter une intéressante contribution à la connaissance de la faune du Gothlandien d'Angers. Les calcaires ampéliteux de la Meignanne, près de cette ville, lui ont présenté une cinquantaine d'espèces de Brachiopodes, Lamellibranches et Céphalopodes. Parmi ceux-ci se trouvaient dix formes d'*Orthoceras* et un *Agoniatites*, l'*A. fidelis*.

On sait que, d'une façon générale, les Ammonoïdés débutent seulement au Dévonien. Une exception avait déjà été constatée, précisément pour le genre *Agoniatites*, dont la présence avait été reconnue dans les calcaires gothlandiens de Gilsa, près de Cassel, dans les provinces Rhénanes.

Ces observations tendraient ainsi à faire croire que les Ammonites étaient originalement des formes enroulées. Cependant le seul Nautiloïdé connu du Cambrien, *Volborthella*, qui a été trouvé en Finlande, en Esthonie et en Nouvelle-Ecosse, est une petite forme droite, rappelant les *Orthoceras*.

1. The morphology and development of the Ammonite septum. *Quat. Jour. Geol. Soc.*, t. LXXIII, AOAI, p. ZY-TI, pl. II-IV.

2. S. Coemme : Sur un nouveau procédé de reproduction de cloisons d'Ammonites. *Compt. Rend. Acad. Sc.*, t. CLXIV, p. 769, et t. CLXV, 1917, p. 707; et *Compt. Rend. Soc. Géol. France*, 1917, p. 192-193. — C. Nicolesco : Application des empreintes au collodion à la reproduction des cloisons des Ammonidés. *Compt. Rend. Acad. Sc.*, t. CLXV, 1917, p. 708; *Compt. Rend. Soc. Géol. France*, 1917, p. 205-206, et *Bull. Soc. Géol. France*, t. XVIII, 1919, p. 217-223, pl. II. — C. Nicolesco et M. Debaupuis : Sur la reproduction des cloisons des Ammonites au moyen d'empreintes au collodion. *Compt. Rend. Soc. Géol. France*, 1918, p. 64-65, et *Bull. Soc. Géol. France*, 4, t. VIII, 1919, p. 222-232.

1. Sur la Faune du Gothlandien de la Meignanne, près d'Angers (Maine-et-Loire). *Bull. Soc. Géol. France*, 4, t. VIII, 1918, p. 214-216.

La Faune des Ammonites néocrétacées du Pérou

La faune des Ammonites du Crétacé supérieur du Pérou offre de remarquables analogies avec celle du Crétacé méditerranéen, Algérie, Tunisie, Mexique, Texas. Les types communs avec la Perse, l'Inde, Madagascar, ne comprennent guère que des formes largement répandues dans les régions géosynclinales.

Les « Cératites de la craie » sont particulièrement bien représentées dans cette partie de l'Amérique du Sud. J. Lüthy[1] ne croit pas qu'il faille y voir des descendants « des Cératites du Trias ». Les unes et les autres seraient, en réalité, des Céphalopodes adaptés à des conditions spéciales. D'une façon générale, les Cératites n'auraient pu vivre qu'à une profondeur déterminée dans les océans, tandis que les vraies Ammonites auraient été de bons nageurs, susceptibles de passer aisément d'une zone bathymétrique à une autre.

Je crois qu'en réalité la question est plus complexe. Si les modifications de la ligne suturale avaient été ainsi simplement régies par les conditions bathymétriques, il y aurait des Cératites et des Goniatites de tout âge. Or la simplification de la cloison n'affecte les phylums d'Ammonoïdés qu'à certaines phases du cours de leur évolution, tout comme le déroulement ou la rétraction de l'ouverture ; par contre, il est certain que ces phénomènes peuvent se produire simultanément dans un certain nombre de groupes adaptés à des milieux bien distincts.

VII. — Reptiles

Un Pélycosaurien du Permien du Texas : le Dimetrodon gigas

Les paléontologistes placent généralement vers la base de la série des Reptiles, tantôt parmi les Rhynchocéphales, tantôt parmi les Théromorphes, le groupe des Pélycosauriens, dont on peut aussi faire un ordre spécial. *Dimetrodon* est l'un des genres les mieux connus de ce rameau archaïque : un squelette de *D. gigas*, dans un remarquable état de conservation, a été récemment découvert dans le Permien de Seymour, comté de Baylor, au Texas. Il vient d'être monté au Muséum national des États-Unis par C. W. Gilmore[2]. La série des épines neurales, si remarquables et si caractéristiques, y est parfaitement conservée : relativement peu développés au-dessus des vertèbres cervicales, les rayons de la crête dorsale soutenue par ces épines s'allongaient considérablement à la hauteur des vertèbres dorsales, puis diminuaient progressivement dans les régions lombaires et sacrées (figure 7). Une disposition un peu analogue s'observe aujourd'hui dans le *Basiliscus plumifrons* de l'Amérique centrale, mais avec une interruption de la crête vers la ceinture pelvienne.

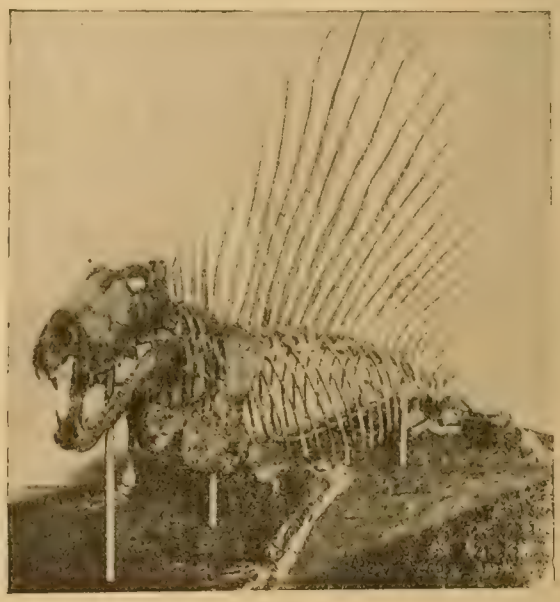


Fig. 7. — *Dimetrodon gigas* Cope (Reptile Pélycosaurien), *squelette monté*, Permien, Seymour (Texas) (d'après Gilmore).

Les caractères de l'épiderme des Dinosauriens

L'étude des Dinosauriens, ces grands Reptiles terrestres des temps secondaires, a fait, dans ces dernières années, de très grands progrès, grâce surtout aux belles découvertes des paléontologistes américains, élèves de H. F. Osborn. Des vues d'ensemble sur cet ordre ont été récemment publiées par W. D. Matthew et par R. S. Lull. Non seulement l'anatomie du squelette de ces animaux géants des temps mésozoïques nous est aujourd'hui bien connue, mais la structure de leur épiderme a pu être étudiée en détail, à la suite de la découverte, en 1908, d'une véritable « momie » de *Trachodon annectens*, dans le Kansas[1].

Une heureuse circonstance a permis de trouver, en 1914, dans le Crétacé inférieur continental (Wealdien) de Brighstone Bay (île de Wight), un squelette entier d'un jeune individu d'un autre

1. Beitrag zur Geologie und Paleontologie von Perou. *Mém. Soc. Paléont. Suisse*, t. XLIII, 1918, p. 1-87, pl. I-V.

2. A mounted skeleton of *Dimetrodon gigas* in the United States National Museum, with notes on the skeletal anatomy. *Proc. Un. Stat. Nat. Mus.*, t. LVI, n° 2300, 1919, pp. 525-529, pl. LXX-LXXIII.

1. Dinosaur Mummy. *Amer. Mus. Journ.*, t. XI, 1911, pp. 7-11, fig.

Dinosaurien, l'*Iguanodon bernissartensis*, partiellement recouvert aussi d'une peau ressemblant tout à fait, d'après R. W. Hooley [1], à celle du *Trachodon*, par ses petits tubercules arrondis.

L'*Iguanodon*, comme le *Trachodon*, sont des Orthopodes, c'est-à-dire des bipèdes, s'appuyant sur une forte queue, un peu comme les Kangourous actuels. Il existait aussi alors, dans le même ordre de Reptiles, les Sauropodes, dont nous connaissons depuis longtemps des impressions de l'épiderme : la peau du *Morosaurus Becklesii*, rencontrée également dans le Wealdien, présentait des plaques hexagonales fortement convexes, assez différentes par conséquent de celles des Orthopodes.

Un Dinosaurien géant : le Barosaurus lentus

R. S. Lull[2] vient de décrire en détail le squelette d'un gigantesque Dinosaurien, le *Barosaurus lentus*, très comparable, par sa taille et par la disposition générale de ses vertèbres, au *Diplodocus Carnegiei*. Cependant, la série des vertèbres caudales du *Barosaurus* est plus courte et moins large que dans le *Diplodocus*, tandis que les vertèbres cervicales sont très notablement plus longues et plus larges chez le *Barosaurus* que chez le *Diplodocus*. Le type du *Barosaurus* a été trouvé à Piedmond, dans le Dakota du Sud, au milieu d'assises jurassiques.

Si l'on dresse un tableau comparatif des caractères de la colonne vertébrale des différents genres de Dinosauriens Sauropodes, on constate les différences ci-après entre les diverses parties du rachis :

Barosaurus :	vertéb. cerv. énormes ;	queue assez courte
Haplocanthosaurus :	— — petites ;	— courte
Brontosaurus :	— — moyennes ;	— longue
Diplodocus :	— — moyennes ;	— longue
Sauropode de Tendaguru :	— — énormes ;	— courte

On pourrait voir dans le grand développement des vertèbres cervicales du *Barosaurus* et du Sauropode de Tendaguru l'indication que la tête de ces Dinosauriens était moins insignifiante par rapport à la largeur du rachis que chez les *Diplodocus*, *Brontosaurus*, etc.

Les Ornithomimidés, Dinosauriens remarquables par la spécialisation de leurs membres antérieurs

Plusieurs genres de Dinosauriens théropodes de l'Amérique du Nord présentent de curieuses particularités morphologiques, en rapport sans doute avec le genre de vie spécial de chacun d'eux. C'est le cas, en particulier, de l'*Ornitholestes*, du *Struthiomimus* et du *Tyrannosaurus*, dont H. F. Osborn[1] vient de reprendre l'étude. L'*Ornitholestes* remonte au Jurassique supérieur, tandis que les *Struthiomimus* et *Tyrannosaurus* datent du Néocrétacé.

Le squelette de la main, dans l'*Ornitholestes*, est remarquable par la direction du doigt I qui diverge nettement par rapport à celle des doigts II et III ; les phalanges, extrêmement allongées, rappellent celles d'un Lémurien de Madagascar, le Aye-Aye (*Cheiromys*) : aussi la main de l'*Ornitholestes* ne me semble-t-elle nullement conformée pour saisir des proies.

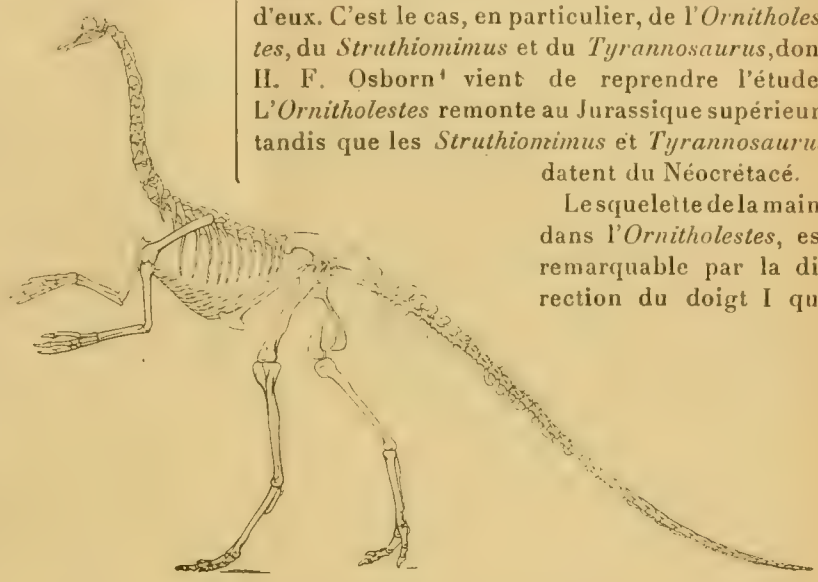


Fig. 8. — *Struthiomimus altus* Marsh (Reptile Dinosaurien Théropode) (1/33 gr. nat.). Crétacé supérieur de l'Alberta (d'après Osborn).

Celle du *Struthiomimus* en diffère sensiblement. Les doigts, surtout le second, sont bien plus allongés et par suite encore moins capables d'appréhender une proie. Leur forme générale rappelle celle de la main des Édentés tardigrades de l'Amérique du Sud, l'Ai (*Bradypus*) et l'Unau (*Cholœpus*). H. F. Osborn trouve certaines ressemblances entre le *Struthiomimus* et les Autruches au point de vue de la forme du crâne et de la courbure des phalangettes ; le développement de la queue et les proportions des membres du Reptile mésozoïque lui paraissent rappeler la morphologie externe de certains Lacertiliens, les

1. On the Integument of *Iguanodon bernissartensis* Boulenger and of the *Morosaurus Becklesii* Mantell. *Geol. Mag.*, 6, t. IV, 1917, pp. 148-150, pl. X.

2. The Sauropod Dinosaur *Barosaurus* Marsh. Redescription of the type specimens in the Peabody Museum, Yale University. *Mem. Connecticut Acad. Arts Sciences*, t. VI, 1919, 42 p., 7 pl. in-4°.

1. Skeletal Adaptations of *Ornitholestes*, *Struthiominus*, *Tyrannosaurus*. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, t. XXXV, art. XLIII, 1917, pp. 733-771, pl. XXIV-XXVII.

Agames de l'Ancien Monde, les Iguames et les Tégous du Nouveau Monde (fig. 8).

Ces analogies si diverses ont conduit les paléontologistes américains à des hypothèses variées et assez souvent inattendues sur l'éthologie des Ornithomimidés. H. F. Osborn a vu dans le *Struthiomimus* un animal se comportant comme un coureur à allure rappelant les Agames et comme un herbivore susceptible de se dresser contre le tronc des arbres à l'image de certains Édentés. C. W. Beebe le considérait plutôt comme un insectivore et R. Brown comme un carnivore vivant de Crustacés et de petits mollusques !

Le *Tyrannosaurus* aurait eu un genre de vie tout différent. Ce n'était plus, dit H. F. Osborn, un herbivore coureur, comme les *Struthiomimus* et *Ornitholestes*, mais un animal exclusivement carnivore, fort bien armé pour triompher de ses victimes.

Les caractères communs à ces trois genres de Dinosauriens : formule vertébrale semblable, disposition du bassin et de la ceinture pelvienne, tridactylisme fonctionnel, faible développement des membres, remonteraient à leur ancêtre commun hypothétique triasique ou éojurassique.

L'extrême spécialisation d'un type comme le *Struthiomimus* me paraît montrer une fois de plus que les modifications des organes, si elles sont fonctionnelles, à un moment donné d'un ordre d'adaptation déterminé, ne le demeurent pas constamment, du moins dans le même sens évolutif.

Un nouveau Dinosaurien carnivore : le Gorgosaurus libratus

La découverte du *Gorgosaurus libratus* dans les sables de la « valley of Red Deer river » (Alberta) présente un grand intérêt en raison de la rareté relative des ossements de Dinosauriens carnivores par rapport à ceux des Dinosauriens herbivores. Les restes fossiles de ce Reptile ont permis d'en reconstituer un squelette plus complet que celui de la plupart des Dinosauriens théropodes connus jusqu'à ce jour (figure 9). Aussi L. M. Lambe a-t-il pu en donner une description très détaillée, avec restauration de la morphologie externe[1].

Fig. 9. — *Gorgosaurus libratus* Lambe (Reptile Dinosaurien Théropode) (1/62 gr. nat). Crétacé de l'Alberta (d'après Lambe).

Le *Gorgosaurus libratus*, grand Reptile d'environ 9 mètres de longueur, avait les dents prémaxillaires tronquées en arrière, comme son contemporain, le Dinosaurien crétacé *Tyrannosaurus*, et comme son prédécesseur jurassique l'*Allosaurus*; mais, par l'identité de sa première dent maxillaire antérieure et de ses dents prémaxillaires, il différait de tous les Théropodes crétacés déjà décrits; ses autres dents maxillaires, longues et puissantes, étaient du type mégalosauroïde. La dernière phalange de chaque doigt était fort allongée comme dans la main de l'*Ornitholestes Hermanni*, tandis que le cinquième métatarsien, par son extrême réduction, rappelait celui du *Struthiomimus altus*.

La disposition générale très spécialisée du membre antérieur des Théropodes primitifs persiste donc dans ce type comme dans les autres genres crétacés déjà étudiés.

1. The Cretaceous Theropodus Dinosaur *Gorgosaurus*. *Mem. Geolog. Surv. Canada*, 100, n° 83, Geolog. ser., 1917, 84 p., 49 fig.

Un Dinosaurien cornu : le Monoclonius

B. Brown[1] vient de donner une monographie d'un Dinosaurien armé d'une corne, le genre *Monoclonius*.

La succession des genres de Dinosauriens cornus ou Cératopsidés se présenterait ainsi :

Danien : formation de Lance : *Triceratops ; Torosaurus*.

Néocrétacé : formation d'Edmonton : *Anchiceratops ; Leptoceratops*.

Fig. 10. — *Monoclonius nasicornus* Brown (Reptile Dinosaurien Orthopode) (1/38 gr. nat.). Crétacé supérieur de l'Alberta (d'après Brown).

Mésocrétacé : formation de Belly River : *Monoclonius ; Ceratops ; Styracosaurus*.

Mésocrétacé : formation de Two Medicine : *Trachyceratops*.

L'évolution de cette famille d'Orthopodes, propre à l'Amérique du Nord, montre un développement graduel des cornes nasale et supraorbitales. Dans le genre *Monoclonius*, la corne nasale est beaucoup plus grande que les cornes supraorbitales.

Deux espèces nouvelles du genre *Monoclonius* décrites par R. Brown, *M. nasicornus* et *M. Cutleri*, viennent prendre place à côté des types déjà décrits, *M. flexus* et *M. crassus* (= *M. sphenoceros*). Le *M. nasicornus* (figure 10) possédait une corne nasale très forte, formée par un large épanouissement du squelette de la face. L'épiderme de la région fémorale du *M. Cutleri*, dont on a retrouvé l'empreinte fort bien conservée, présentait une physionomie comparable à celle de la peau de *Trachodon*, quoique les tubercules qui la recouvraient aient une forme polygonale. Cette découverte vient compléter celle de Hooley, signalée plus haut.

Dans l'état actuel de la science, nous connaissons donc les caractères de l'épiderme de trois des 4 sous-ordres que comptent les Orthopodes, à savoir : les Iguanodontes, les Trachodontes, et les Cératopsidés. Seuls les Stégosaures n'ont pas encore fourni de restes fossilisés de leur peau. On voit par ce simple exemple combien sont grands les progrès effectués, ces dernières années, dans l'étude des Dinosauriens.

1. A complete Skeleton of the Horned Dinosaur *Monoclonius*, and description of a second skeleton showing Skin Impressions. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, t. XXXVII, 1917, p. 281-307.

VIII. — Oiseaux

Un oiseau géant de l'Éocène inférieur du Wyoming le Diatryma

L'Éocène inférieur du Wyoming et du Nouveau Mexique a présenté les restes de 3 espèces du genre *Diatryma*, Oiseau géant, aux proportions massives, dont W.D. Matthew et W. Granger[1] font le type d'un ordre spécial (fig. 11). La morphologie du squelette indique un coureur,

Fig. 11. — *Diatryma Steini* Matthew et Granger (Oiseau : Diatrimés) (1/40 gr. nat.). Éocène inférieur du Wyoming (d'après Matthew et Granger).

se rattachant à la grande division des Euornithes et voisin des *Cariama* actuels de l'Amérique du Sud. L'Oiseau fossile du Wyoming ressemblait beaucoup aussi au *Phororhachos* du

1. The Skeleton of *Diatryma*, a Gigantic Bird from the Lower Eocene of Wyoming. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, t. XXXVII, art. 11, 1917, p. 307-326.

Miocène patagonien : aussi peut-on penser que les trois genres *Phororhachos*, *Diatryma* et *Cariama* font partie d'une même série évolutive. Les relations entre les *Diatryma* et *Gastornis* sont plus difficiles à définir, certaines espèces européennes étant insuffisamment connues et le genre étant peut-être lui-même polyphylétique.

Le *Diatryma* devait être un type très anciennement spécialisé, ayant eu un ancêtre commun dans le Crétacé avec les Gruiformes. Cette conclusion modifie la manière de voir de Gadow sur l'origine des Ratites : ceux-ci seraient des Tinamiformes, des Galliformes et des Gruiformes spécialisés non pas à l'Éocène, mais dès le Crétacé.

IX. — Mammifères

Les Chiroptères du Tertiaire inférieur

Revilliod a consacré deux mémoires à l'étude des Chiroptères des terrains tertiaires inférieurs[1]. Le genre *Palæphyllophora* appartient au groupe des Michochiroptères, portant une feuille nasale sur le museau, qui comprend 4 familles : les Rhinolophidés, les Hipposidéridés, les Nyctéridés et les Mégadermidés. La forme des molaires de *Palæphyllophora* présente des caractères très évolués, qui excluent ce genre de l'ascendance des espèces récentes des 4 familles actuelles : cependant le faible renflement de la région faciale du crâne donne à ces Chauves-souris des phosphorites du Quercy une physionomie archaïque indéniable. De même le *Pseudorhinolophus*, qui est étroitement apparenté au genre actuel *Hipposideros*, ne saurait être pourtant son ancêtre direct ; ce second Chiroptère du Quercy offre des particularités squelettiques qui indiquent un stade plus spécialisé que les *Hipposideros* actuels.

Nombre de caractères, souvent employés dans les comparaisons entre les genres fossiles et vivants, sont apparus à Revilliod comme assez variables suivant les individus. D'ailleurs les Chiroptères témoignent d'une adaptation dualistique très tranchée : leurs membres antérieurs sont faits pour le vol, leurs membres postérieurs pour la suspension arboricole ; leurs mâchoires sont conformées soit en vue de happer les insectes et d'en broyer les téguments, soit en vue de mastiquer la pulpe molle des fruits. Or il n'y a pas nécessairement parallélisme entre le développement de ces diverses adaptations. C'est ainsi que le *Pseudorhinolophus*, qui appartiendrait aux Hipposidéridés, se serait détaché du tronc commun à une époque plus ancienne que l'*Hipposideros*, pour se conformer plus rapidement que lui aux nécessités de la locomotion aérienne.

En résumé, les 5 familles de Microchiroptères à feuille nasale sur le museau nous apparaissent comme bien moins différenciées à l'époque nummulitique qu'aujourd'hui.

Les Rhinocérotidés de l'Aquitanien de l'Agenais

L'Aquitanien de Laugnac, près d'Agen, a fourni à J. Repelin[1] des ossements de la plus grande partie du squelette d'un Périssodactyle nouveau, le *Teleoceras aginense*, remarquable par ses naseaux allongés réunis sur toute leur longueur et terminés en pointe. Ce Rhinocérotidé, aux membres courts et aux pieds larges, ne possédait pas encore de corne, comme les formes plus lourdes et plus massives qui lui ont succédé au Miocène.

Les Équidés oligocènes et néogènes de l'Amérique du Nord

H. F. Osborn[2] vient de reprendre l'étude détaillée des Équidés oligocènes, miocènes et pliocènes de l'Amérique du Nord. L'important mémoire du savant directeur de l'American Museum of Natural History montre que les nombreux genres de ce phylum si continu sont intimement liés les uns aux autres et présentent chacun un grand polymorphisme. Les 7 genres principaux qu'il distingue comprennent chacun de 12 à 26 espèces, soit au total 112 types différents. Les fréquents changements d'attributions génériques que l'on peut relever dans le livre de H. F. Osborn témoignent de la difficulté qu'éprouvent les paléontologistes américains à introduire des coupures importantes dans cette succession de formes si homogène des Équidés nord-américains. Fort bien représentée déjà à l'Oligocène, cette famille s'accroît encore au Miocène inférieur et moyen, atteint son maximum au Miocène supérieur et commence à diminuer un peu au Pliocène.

On sait qu'après avoir évolué sur place dans l'Amérique du Nord, depuis le début des temps tertiaires jusque vers la fin du Quaternaire, les Équidés se sont éteints dans le Nouveau Monde. Des quatre rameaux qu'ils ont successivement

1. Contribution à l'étude des Chiroptères des terrains tertiaires. *Mém. Soc. Paléont. Suisse*, t. XLIII, 1917. — Fledermäuse aus der Braunkohle von Messel bei Darmstadt. *Abhandl. grossherz. Hess. Geol. Landesanst.*, t. VII, 2, 1917.

1. Études paléontologiques dans le Sud-Ouest de la France (Mammifères). Les Rhinocérotidés de l'Aquitanien supérieur de l'Agenais (Laugnac). *Ann. Mus. Hist. Nat. Marseille*, t. XVI, 1917, 48 p., pl. I-XIV.

2. Equidae of the Oligocene, Miocene and Pliocene of North America. Iconographic Type Revision. *Mem. Amer. Mus. Nat. Hist.*, 1917, 200 p. ; 54 pl.

envoyés dans l'Ancien Continent, à l'Éocène inférieur, au Miocène supérieur et au Quaternaire, les trois premiers ont successivement disparu sans que jamais leurs descendants aient subsisté côte à côte en Europe, tandis que le quatrième a persisté jusqu'à nos jours.

Les Mammifères miocènes de l'Égypte

Fourtau[1] vient de faire connaître une importante série de Mammifères du Miocène inférieur de l'Égypte. Cette faune complète fort heureusement les données que nous possédions sur les Vertébrés nord-africains de l'Oligocène du Fayoum, d'une part, du Pliocène inférieur de l'oued Natroun, d'autre part.

Le gisement décrit par ce paléontologiste est situé entre l'oued Natroun et la vieille oasis d'Ammon (Syouah), dans les falaises qui dominent la dépression de Moghara. Découvert par Blanckenhorn, il avait été visité depuis par Beadnell, Andrews, etc., mais n'avait fourni jusqu'à ce jour que de rares restes de *Rhinoceros* et de *Mastodon*.

Les Rhinocérotidés y sont représentés par le *Teleoceras Snowi* Fourt., plus grand que le *T. aurelianense* Noulet et le *T. brachypum* Lartet du Miocène d'Europe. Cependant, le *T. Snowi* semble, par divers caractères, être intermédiaire entre ces deux formes, souvent confondues par les auteurs, mais distinguées par Mayet comme deux mutations, l'une burdigalienne, l'autre helvétienne. Je crois que le *T. Snowi* pourrait être envisagé comme une race de grande taille et relativement évoluée de *T. aurelianense*.

La description du *Brachyodus africanus* Andrews a pu être sensiblement précisée par les nouvelles découvertes : l'espèce égyptienne, plus petite que le *B. onoideus* Gerv. du Burdigalien de l'Orléanais, existe en Europe; c'est elle que Mayet a indiquée des sables de l'Orléanais sous le nom de *B. intermedius*. D'ailleurs le *B. africanus* est incontestablement une forme à grande extension géographique, car Pilgrim l'a récemment signalé de l'Aquitanien du Beloutchistan, où il est associé au *B. giganteus* Lydekker, forme géante du groupe.

Un genre nouveau, *Masritherium*, représenté par une espèce inédite, le *M. Depereti*, viendrait prendre place à côté du *Brachyodus*. L'histoire de ce dernier genre a fait l'objet d'une série de notes de Depéret (1895-1908), qui a suivi l'évolution du rameau phylétique depuis le Ludien (*B. crispus*) jusqu'au Burdigalien (*B. onoideus*). Tout dernièrement Martin Schmidt, qui rapporte au même type d'Artiodactyle une série d'espèces de l'Oligocène du Fayoum, a donné des reconstitutions de la tête du *B. Cluai* du Sannoisien d'Europe, du *B. brachyrhynchus* du Stampien d'Amérique, du *B. Gorringli* et du *B. Fraasi* de l'Oligocène d'Égypte ; tous ces animaux auraient eu 3 incisives et 1 canine.

Le *Masritherium* de Fourtau semble tout différent avec son unique incisive inférieure. On ne peut s'empêcher de le rapprocher morphologiquement des Hippopotames archaïques, des *Chœropsis*, qui n'ont aussi qu'une incisive inférieure. Evidemment aucun lien de parenté n'a dû exister entre *Masritherium* et *Chœropsis*. D'ailleurs, un autre Mammifère africain, contemporain du *Masritherium*, le *Merycops africanus* Andrews du Burdigalien de la région du Victoria Nyanza, malheureusement encore fort mal connu, a révélé un animal, ressemblant au *Merycopotamus* et qui pourrait être l'ancêtre d'*Hippopotamus*, du moins si l'on s'en rapporte aux caractères d'une canine qu'on lui a attribuée. Les *Masritherium* et *Chœropsis*, comme, d'ailleurs, l'*Apterodon* de l'Aquitanien du Béloutchistan, qui est complètement dépourvu d'incisives, semblent indiquer une tendance à la réduction du système dentaire qui se serait manifestée, vers le début du Miocène, chez certains Artiodactyles pachydermes.

Les Hyracoïdes ne semblent point représentés à Moghara : l'unique espèce de cet ordre trouvée auprès du Victoria Nyanza indiquerait que ce groupe, si abondamment représenté à l'Oligocène au Fayoum, était déjà en pleine régression au Burdigalien.

Les Proboscidiens comptent le *Mastodon angustidens libyca* Fourt. et le *M. Spenceri* Fourt. La race *libyca* de *M. angustidens* serait intermédiaire entre le Mastodon du Burdigalien de l'Orléanais et le *M. angustidens pontileviensis* Mayet de l'Helvétien du Blésois. Elle est en tout cas incontestablement plus différenciée que le *M. a. pygmæus* du Burdigalien inférieur de Kabylie. Ces données paléontologiques indiquent l'âge précis du gisement de Moghara, qui se place entre la phase de dépôt des sables de l'Orléanais (Burdigalien) et celle des faluns du Blésois (Helvétien). Une telle manière de voir s'accorde avec le stade d'évolution constaté chez le *Teleoceras* de Moghara, qui est aussi intermédiaire entre la forme burdigalienne (*T. aurelianense*) et la forme helvétienne (*T. brachypum*). Elle est aussi conforme aux indications que fournit la faune marine contemporaine, qui est celle des couches du Miocène égyptien à la limite du Burdigalien et du Vindobonien. De plus, l'un des éléments

1. Contribution à l'étude des Vertébrés miocènes de l'Égypte. Ministry of Finance, Egypt, Survey Department. Cairo, 1919, in-8°, 110 p., nomb. phototyp. dans le texte.

les plus caractéristiques de cette faune marine, le *Pecten Ziziniæ*, se rencontre abondamment à Istres, en Provence, dans le Burdigalien supérieur.

Le *Mastodon Spenceri* viendrait prendre place entre le *M. angustidens* et le *M. longirostris*, entre les sections *Trilophodon* et *Tetralophodon :* le Burdigalien supérieur de Moghara confinerait ainsi à l'époque et à la contrée où s'est effectuée la différenciation des types de *Mastodon*.

Le genre *Dinotherium*, qui n'a pas été observé à Moghara, compte cependant plusieurs espèces africaines. Celle du Burdigalien de l'Ouganda, le *D. Hobleyi* Andrews, est moins évoluée que le *D. Cuvieri* du Burdigalien supérieur et de l'Helvétien d'Europe. Au contraire, le *Dinotherium* d'Ethiopie (Omo) est au moins aussi évolué que le *D. giganteum* du Vindobonien et du Pontien. Enfin un troisième *Dinotherium*, qui vient d'être découvert dans les sables superposés aux phosphates du Kouif (Tebessa, Algérie), serait un *D. Cuveiri*. *Mastodon* et *Dinotherium* ont en tout cas vécu simultanément en Afrique, dès le début du Burdigalien.

L'intérêt qui s'attache désormais au gisement de Moghara tient surtout à la découverte de deux Simiidés. L'un, le *Prohylobates Tandyi* Fourt., est comparable au *Pliopithecus antiquus*, dont il se distingue « par l'absence du bourrelet basilaire, par le moindre développement de la dernière molaire et par la position médiane du cinquième denticule de ses molaires ». Ce dernier caractère me paraît être du plus haut intérêt, car il correspond à l'un des éléments de différenciation les plus remarquables de la série des *Parapithecidæ-Hylobatidæ :* tandis que, dans le *Parapithecus Fraasi* et le *Propliopithecus Hæckeli* de l'Oligocène du Fayoum, le 5e tubercule est dans l'axe de la dent, dans le *Pliopithecus* et surtout dans l'*Hylobates*, il est situé à l'extérieur de l'axe de la dent. Ainsi le *Prohylobates* du Burdigalien d'Égypte se place entre le *Propliopithecus* de l'Oligocène d'Égypte et le *Pliopithecus* du Vindobonien d'Europe. Le fait que le denticule postérieur est relié au tubercule postéro-externe chez le *Prohylobates* confirme cette interprétation. D'autre part, le bourrelet basilaire, bien développé dans le *Pliopithecus*, manque dans le *Propliopithecus*, d'où nouvelle analogie entre ce dernier et le *Prohylobates*.

Le *Dryopithecus mogharensis* Fourt. est une forme de petite taille, comme le *D. rhenanus* Pohlig du Pontien de la Souabe et d'Eppelsheim, dont il diffère par l'absence de bourrelet basilaire. Le plus petit *Dryopithecus*, le *D. mogharensis*, est donc, en même temps, le plus ancien (Burdigalien supérieur), mais il est aussi le plus voisin, comme taille, de la forme la plus jeune, le *D. rhenanus* du Pontien supérieur. L'évolution de ce genre n'aurait donc pas été toujours de même sens : après une période d'accroissement qui va jusqu'au Sarmatien, dans l'Inde comme en Europe, serait venue une phase de décadence.

Les documents rassemblés par Fourtau sur les Simiidés du Miocène africain offrent un très grand intérêt. J'y vois, en effet, la démonstration que *les deux sous-familles distinguées par les auteurs modernes* dans les *Anthropoïdes*, les *Hylobatinés* (Gibbons et formes ancestrales) *et* les *Simiinés* (Gorille, Chimpanzé, Orang-Outang, *Dryopithecus* et formes affines) *étaient déjà nettement différenciées au Burdigalien*. Une telle conclusion ne doit pas étonner depuis que *la découverte des faunes oligocènes du Fayoum a démontré la très grande ancienneté des Singes voisins de l'Homme*.

Les Mammifères néogènes du Japon

Hikoschiro Matsumoto[1] a publié une importante contribution à la faune mammalogique fossile du Japon. J'ai pu, d'après les travaux de ce paléontologiste, dresser la liste ci-dessous :

Pléistocène (récent) de Umesage (Kazusa) : *Elaphurus Davidianus*.

Pléistocène (ancien) du Tsukinoki (Ugo) : *Elephas namadicus*, *Sus nipponicus*.

Postpliocène supérieur de Shôzu-schima (Sanuki) : *Stegodon sinensis*, *S. orientalis*, *Elephas namadicus*, *Bison occidentalis*, *Cervus* (*Sika*) cf. *nippon*.

Postpliocène inférieur de Ikadachi-mura (Omi): *Stegodon sinensis*, *S. orientalis*, *Buffelus* sp.

Pliocène supérieur de Tomuro (Katanga) : *Elephas auroræ*.

Miocène supérieur de Kuji (Hitachi) : *Tetralophodon* cf. *latidens*.

Miocène moyen des provinces de Mutsu, Mino, Izumo, Teshio et Shiribeshi : *Desmostylus japonicus*.

Miocène inférieur de la province de Mino : *Trilophodon* cf. *angustidens*, *Teleoceras* sp., *Amphitragulus minoensis*.

Segodon est un genre de Proboscidiens caractéristique de la région orientale : ses espèces sont toujours groupées par deux, dans les gisements fossilifères, ce qui laisse supposer chez

1. On a new Archetypal Fossil Elephant from Mt Tomuro. On a new Fossil *Trionyx* from Hokkaido. A contribution on the Morphology, Palæobiology and Systematic of *Desmostylus*. On a new Archetypal Fossil Cervid from the Province of Mino. On some Fossil Bisontines of Eastern Asia. *Sc. Rep. Tôhoku Imp. Univ.*, ser. 2 (Geology), vol. III, n° 2, 1918.

ces animaux un dimorphisme sexuel. Le couple le moins évolué, *S. Cliftii-bombifrons*, date du Pliocène de l'Inde, *S. ganesa-insignis*, du Postpliocène de la même contrée, *S. sinensis-orientalis*, du Postpliocène de la Chine et du Japon, *S. airawana-trigonocephalus*, du Postpliocène de Java.

L'*Elephas auroræ* est un type intermédiaire entre *Stegodon* et *Elephas*, comme l'*E. planifrons* du Pliocène supérieur de l'Inde. Des Éléphants voisins de celui-ci ont été trouvés en diverses régions de l'Europe (Bessarabie, Autriche, Grande-Bretagne).

Le *Desmostylus* est un Sirénien particulier aux mers littorales du Pacifique. L'espèce japonaise est beaucoup plus évoluée et plus grande que l'espèce de l'Orégon et de la Californie, ce qui indique comme sens de migration un déplacement de l'Est vers l'Ouest. Ce curieux Mammifère pourrait provenir du *Prorastomus* de l'Éocène de la Jamaïque.

Le *Bison occidentalis*, qui semble dérivé du *B. sivalensis* du Postpliocène de l'Inde, est une forme connue depuis le Pléistocène ancien du Kansas dans le bassin de l'Ohio, de l'Alaska et de la région de l'Ienisséi en Sibérie. En Transbaïkalie, on la trouve dans le Pléistocène récent associée aux *Diceras antiquitatis*, *Elephas cf. primigenius*, *Bison crassicornis*. Cette dernière espèce de Bison vit depuis le Pléistocène récent dans l'Alaska, le bassin de la Léna, en Sibérie, et celui de la Vologda, en Russie orientale. Les *Bison sivalensis*, *B. occidentalis* et *B. crassicornis* constituent une série de types de plus en plus jeunes et de plus en plus évolués indiquant une migration de l'Inde vers le Japon, la Sibérie, l'Alaska et les États-Unis d'une part, la Russie d'autre part.

L'archipel japonais n'a donc pas cessé de faire partie intégrante du continent asiatique depuis le début du Miocène jusqu'au milieu du Pléistocène. Son isolement semble ainsi dater du Pléistocène récent.

Les Mammifères quaternaires d'Europe

Nos connaissances sur la faune des Mammifères quaternaires d'Europe ont fait dans ces dernières années de grands progrès, grâce, en particulier, à l'œuvre magistrale du Professeur Marcellin Boule[1], du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris. J'ai rendu compte, ici même, du dernier fascicule de l'importante description paléontologique des grottes de Grimaldi et je demanderai au lecteur de vouloir bien se reporter à l'analyse que j'en ai publiée[1].

1. Les grottes de Grimaldi (Baoussé-Roussé). Tome I. Fasc. 4. Géologie et Paléontologie (fin). 126 p., 12 pl. Monaco, 1919.

Les Mammifères quaternaires de l'Afrique du Nord

Dans une série de notes publiées dans divers périodiques[2], j'ai commencé la revision de la faune des Mammifères quaternaires de l'Afrique du Nord. D'importants mémoires avaient déjà été consacrés à ces animaux fossiles par Pomel : mais l'œuvre de ce paléontologiste, dominée par l'idée de la distinction, sous des noms différents, des espèces éteintes et des espèces actuelles, avait besoin d'être mise en harmonie avec les classifications modernes.

J'ai pu, au cours de mes recherches, établir que le Cerf élaphe du Quaternaire barbaresque ne différait pas du *Cervus elaphus barbarus*, aujourd'hui confiné aux abords de la frontière algéro-tunisienne, mais jadis répandu de Taza et de Ksours à Constantine et à Tébessa.

Des onze Gazelles fossiles décrites par Pomel, dix m'ont paru pouvoir être rapportées aux six espèces vivantes actuelles de l'Afrique du Nord. La plupart de celles-ci débutent dans le Pliocène récent et se retrouvent au Quaternaire dans presque toute la Berbérie. Trois d'entre elles sont maintenant réfugiées dans les contrées sahariennes, tandis que les autres vivent encore dans les pays de l'Atlas. Enfin deux Gazelles fossiles de l'Algérie confinent à des types archaïques actuels du Somaliland, *Gazella Granti* et *Lithocranius Walleri*. Ce dernier genre, qui, anatomiquement, est peut-être le type le plus primitif des Antilopes modernes, n'avait pas encore été signalé à l'état fossile.

L'*Oryx leucoryx* a été retrouvé à l'état fossile au Pliocène et au Quaternaire en Algérie et au Maroc. Souvent représenté sur les gravures rupestres, il habitait sans doute encore la contrée lors de l'occupation romaine. Réfugié dès le Moyen Age dans le Sahara occidental, au sud de l'Oued Draa, il ne se rencontre plus guère aujourd'hui que dans le Nord du Soudan.

Des Mammifères propres au Pléistocène nord-africain ont cependant existé. Le plus curieux est certainement un Cervidé pour lequel j'ai proposé une nouvelle coupure sous-générique, *Megaceroides*, caractérisée surtout par une remarquable turgescence de l'os mandibulaire.

1. *Rev. gén. des Sc.* du 30 mars 1920, p. 189.

2. L. Joleaud : *Cervus* (*Megaceroides*) *algericus*. *Rec. Soc. Archéol. Constantine*, 5, VI, 1916, p. 1-67, 4 pl. — Les Gazelles pliocènes et quaternaires de l'Algérie. *Bull. Soc. Géol. France*, 4, XVII, 1918, p. 208-225. — Études de Géographie zoologique sur la Berbérie. I, Les Cervidés, et II, Les Bovinés. *Rev. Afric.*, LVI-LIX, 1913-1918. III, Les Hippotraginés. *Bull. Soc. Géogr. Archéol. Oran*, XXXVIII, 1918, p. 57-86.

Assez voisin du Cerf à bois gigantesques des tourbières d'Irlande et du Daim de nos pays, le *Cervus algericus* offrait cependant une physionomie archaïque qui devait rappeler celle des Cerfs hindous de la section *Rusa* (Cerf cochon, etc.). Confiné aux contrées riveraines de la Méditerranée occidentale, cet intéressant Ruminant, laissé en quelque sorte comme une épave par la faune pliocène au milieu des animaux quaternaires, s'éteignit dès le milieu des temps pléistocènes.

L'Homme fossile de Piltdown (Angleterre)

C'est au cours de l'été de 1912 qu'eut lieu la découverte, dans les cailloutis ferrugineux de Piltdown (Sussex), des premiers restes fossiles humains trouvés dans une carrière voisine de cette localité. Les graviers exploités, qui recouvrent un plateau à 30-40 mètres d'altitude et à 25 mètres au-dessus de la rivière l'Ouse, ont fourni un crâne humain presque entier et une moitié de mandibule, considérés par A. S. Smith Woodward[1] comme appartenant tous deux à un même individu, dont il a fait le type de l'*Eoanthropus Dawsoni*. De la discussion qui eut lieu à la Société Géologique de Londres en 1913, il résulte que la formation de Piltdown est postérieure à la 1re grande période glaciaire (c'est-à-dire aux glaciations postpliocènes) et contemporaine de la haute terrasse de la Tamise, ou plutôt, il me semble, des graviers de fond de cette terrasse. Elle remonte donc à l'époque du Forest bed de Cromer. La faune qui accompagnait les restes humains comprend divers animaux : un *Stegodon* (ou peut-être une forme intermédiaire entre *Stegodon* et *Elephas*) et un *Rhinoceros*, qui indiquent aussi un dépôt cromerien; un Castor, un Cerf élaphe, un Cheval indéterminable spécifiquement, qui pourraient remonter à la même époque. Seule la présence d'un Mastodonte tendrait à vieillir Piltdown et à le reporter au niveau du Villafranchien : mais les restes de ce Proboscidien peuvent avoir été remaniés.

L'*Eoanthropus Dawsoni* a été, dès 1915, envisagé par Marcellin Boule[1] et Gerrit S. Miller[2] comme un type créé pour un crâne d'*Homo sapiens* et une mandibule de Chimpanzé. Le crâne présente, d'ailleurs, « une série de particularités d'un caractère primitif ». La mandibule a servi à établir une nouvelle espèce que M. Boule appelle *Troglodytes Dawsoni* et G. Miller *Pan vetus*. Cette manière de voir se retrouve dans un mémoire de l'anatomiste W. Gregory[3] paru en 1916. Bien que A. S. Smith Woodward[4] persiste toujours dans sa première hypothèse, il semble acquis aujourd'hui que les trouvailles de Piltdown consistent en un *Homo sapiens* (qui n'a rien étymologiquement parlant de l'*Eoanthropus*) et un Chimpanzé.

Les découvertes de Dawson n'en conservent pas moins un grand intérêt, car elles nous ont révélé : 1° un Chimpanzé fossile, vraisemblablement postpliocène (alors que l'on n'avait pas encore observé ce genre dans un dépôt sédimentaire); 2° le plus ancien *Homo sapiens* connu : antérieur, non seulement à l'*H. Heidelbergensis* de la dernière phase interglaciaire, anatomiquement beaucoup plus archaïque, il est aussi vieux que l'*H. Neanderthalensis*, postérieur à la dernière glaciation et pourtant moins évolué que l'Homme de Piltdown. Cette conclusion, formulée par M. Boule dès 1915, reste entièrement vraie. Ainsi se trouve très sensiblement reculée, dans l'échelle des temps géologiques, la phase d'apparition du type humain actuel, qui remonterait à la limite du Postpliocène et du Pléistocène, avant la phase d'extension maxima des glaciers quaternaires.

Les fouilles faites, à Trinil (Java), par la mission Selenka en 1908, avaient déjà révélé la présence de l'Homme, au Postpliocène, dans les dépôts à *Pithecanthropus erectus*.

L. Joleaud,
Maître de Conférences de Paléontologie
à la Faculté des Sciences de Paris.

1. On the discovery of a palaeolithic skull and mandible in a flint-bearing gravel overlying the Wealden (Hastings beds) at Piltdown, Fletching (Sussex). *Quart. Journ. Geolog. Soc.*, t. LXX, 1913, p. 117-144, pl. XVIII-XXI.

1. La paléontologie humaine en Angleterre. *L'Anthropologie*, t. XXVI, 1915, p. 1-67 (cf. XXVIII, 1917, p. 158 et 433).

2. The Jaw of the Piltdown Man. *Smith Miscell. Collect.*, t. LXVI, 1915, p. 1-31, pl. I-V. — V. aussi The Piltdown jaw. *Amer. Journ. Physical Anthrop.*, t. I, 1918, p. 25-52, 4 p.

3. Studies on the Evolution of the Primates. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, t. XXXV, 1916, p. 239-365.

4. Fourth note on the Piltdown gravel, with evidence of a second skull of *Eoanthrupus Dawsoni*. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, t. LXXIII, 1917 (1918), p. 1-70.

BIBLIOGRAPHIE
ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Jeans (J. H.), *M. A., F. R. S.* — **Problems of Cosmogony and Stellar Dynamics.** [Prix décerné par l'Université de Cambridge, année 1917.] — 1 *vol. in*-8° *de* VIII+294 *pages avec* 44 *fig. et* 5 *pl.* (*Prix* : 21 *sh.*). *Cambridge* (*Angleterre*), *University Press*, 1919.

En essayant de nous dévoiler le passé de l'Univers et surtout son avenir, la Cosmogonie a toujours exercé un vif attrait. Dès l'Antiquité, les premiers philosophes s'efforcent d'expliquer la Terre et les Cieux; ce sont des dissertations sans preuves. Il faut les données de l'observation, la connaissance des premières lois de la Physique moderne, pour permettre à Kant, Laplace et leurs successeurs, d'édifier des systèmes cosmogoniques discutables, susceptibles d'ouvrir la voie à des conceptions de plus en plus vraisemblables. Les astronomes, les physiciens, les mathématiciens ont-ils déjà parcouru une longue étape sur cette route, au terme de laquelle nous pourrons jouir des énigmes actuelles de l'Univers? Il n'y paraît pas.

« Une hypothèse cosmogonique, pour être complète et répondre au sens même du mot, devrait prendre la matière à l'état primitif où elle est sortie des mains du Créateur, avec ses propriétés et ses lois, et, par l'application des principes de la Mécanique, en faire surgir l'Univers entier tel qu'il existe aujourd'hui; l'application ultérieure des mêmes lois devrait également nous conduire à la connaissance de l'état futur et final du monde. » Et après une brève analyse des résultats acquis, à la suite de Kant, Laplace, Faye, etc., Ch. Wolf (*Hypothèses Cosmogoniques*, 1886) conclut : « La première partie du problème cosmogonique, quelle est la matière primitive du chaos et comment a-t-elle donné naissance aux étoiles et au Soleil, reste, aujourd'hui encore, dans le domaine du roman et de l'imagination pure. » Esprit pondéré, observateur impeccable, Ch. Wolf pouvait, avec autorité, émettre quelques hypothèses, risquer de nouvelles explications. Il croit cependant sa tâche suffisamment remplie par la discussion éclairée des idées de ses prédécesseurs, d'où il fait jaillir la difficulté du sujet et un énoncé sommaire du problème. Pour satisfaire à sa définition, il faut trouver dans le ciel étoilé, dans l'Univers, les images successives des mondes en évolution, et alors, de même que le botaniste, dans la forêt, est en mesure de décrire les espèces à toutes les phases de leur développement, de même l'astronome fera luire la vérité en plaçant, les uns à la suite des autres, les mondes en formation, en pleine vie et à leur déclin. Mais l'astronome est moins heureux que le botaniste; il ne touche pas directement la matière céleste et il est bien ignorant encore du mode de développement d'une masse stellaire isolée. M. Jeans, qui écrit dans sa préface : « Dans l'état actuel de nos connaissances, toute tentative de dicter des conclusions finales aux principaux problèmes de Cosmogonie ne saurait être autre chose que pur dogmatisme », nous semble bien apparenté à Ch. Wolf, car les *Problems of Cosmogony* ne nous apporteront, pas plus que les *Hypothèses cosmogoniques*, « une solution, quelle qu'elle soit, de ces grands problèmes qui intéressent le passé et l'avenir du monde ».

Ch. Wolf soumettait l'imagination à la raison. M. Jeans, qui est mathématicien, ne veut s'appuyer que sur la certitude mathématique. Entraîné par G. Darwin, il applique le calcul à l'évolution d'une masse stellaire et reprend systématiquement les recherches inaugurées par Mac Laurin, Laplace, Roche, Lord Kelvin, Poincaré... C'est qu'en effet, deux ans avant sa mort, G. Darwin avait remarqué « que le chemin suivi pour progresser davantage en Cosmogonie était bloqué par notre ignorance des figures d'équilibre d'une masse gazeuse en rotation », et il avait ajouté : « Nous aimerions savoir comment un degré modéré de compressibilité peut changer les résultats pour un liquide et mieux comprendre de quelle manière la rotation affecte l'équilibre et l'instabilité d'un gaz en mouvement de rotation. Le champ d'études pour le mathématicien est immense et nos connaissances sur le processus de l'évolution cosmique croîtraient dans la proportion où l'exploration difficile de ce champ serait atteinte. »

Cette pensée du grand mathématicien anglais suggéra aux juges du Prix Adams, de l'Université de Cambridge, le sujet de concours de 1917, libellé ainsi :

« Exposer le cours de l'évolution des configurations possibles d'une masse fluide pesante animée d'un mouvement de rotation, comprenant la discussion des cas de stabilité pour les diverses figures d'équilibre. »

C'est ce travail couronné de M. Jeans, enrichi par l'apport de ses recherches antérieures, qui est présenté aujourd'hui au public dans les *Problems of Cosmogony*. Une brève préface explique comment il faut lire l'ouvrage; ensuite, sous forme d'Introduction, le chap. Ier, avec des développements historiques et l'examen sommaire des hypothèses initiales de Kant et Laplace, pose le problème à résoudre. Le temps a, peu à peu, détruit ou altéré la valeur des arguments invoqués par Kant et Laplace. M. Jeans retient, comme toujours vraies, ces deux suppositions fondamentales communes à leurs théories :

a) Notre système solaire est issu d'une masse gazeuse nébulaire;

b) Le passage de l'état initial de la nébuleuse à l'état actuel provient des effets d'un mouvement de rotation accéléré. Ce sont les deux idées directrices des Problèmes de Cosmogonie.

En mathématicien, M. Jeans s'attaquera à la seconde question et il s'efforcera, comme il le dit modestement, d'accroître l'étude des figures d'équilibre d'une masse liquide ou gazeuse en rotation à la suite de ses illustres prédécesseurs, Mac Laurin, Laplace, Jacobi, Roche, Darwin, Poincaré, pour ne citer que les plus notoires. Le chapitre II contient le rappel des principes de mécanique dont l'application successive, du chapitre III au chapitre VII, nous fera apparaître le dernier terme de nos connaissances sur les figures d'équilibre. L'évolution d'une masse gazeuse est traitée au chapitre VIII; ensuite et successivement viennent : l'évolution d'une nébuleuse, chapitre IX; l'évolution d'un amas d'étoiles, chapitre X; l'évolution des étoiles doubles et multiples, chapitre XI; le chapitre XII et dernier achève l'ouvrage avec l'origine et l'évolution du système solaire.

Dans cette brève énumération, il est malheureusement impossible de faire ressortir, avec détails, tout l'intérêt qui s'attache aux vues actuelles sur les Nébuleuses spirales, sur les Amas d'étoiles, sur l'action si remarquable des marées. La science anglo-saxonne nous précède dans cette voie et les jeunes astronomes français peuvent trouver là de féconds sujets d'études. Pour la partie mathématique, nous sommes moins devancés, puisque nous avons Laplace, Roche, Poincaré, etc., mais nous restions un peu dans le domaine théorique. M. Jeans nous montre les applications dans les transformations de la matière stellaire en rappelant encore cette pensée de G. Darwin : « Le musée céleste contient tant d'objets visibles qu'il peut devenir possible, avec l'aide de la théorie, de placer ensemble, morceau par morceau, les phases successives que subissent les étoiles dans le cours de leurs évolutions. »

Ce lent et patient travail de mosaïque n'est pas

accompli, il semble dépasser les limites de nos moyens, et M. Jeans peut écrire finalement : « Le temps des conclusions, en cosmogonie, n'est pas encore arrivé. » Le lecteur pensera néanmoins, avec juste raison, qu'une nouvelle route est ouverte et il placera M. Jeans au premier rang des bons ouvriers de l'Astronomie future.

A. Lebeuf,
Correspondant de l'Institut, Directeur de l'Observatoire de Besançon.

2° Sciences physiques

Courtoy (F.), *Ingénieur constructeur à Bruxelles, ancien assistant à l'Université de Liége.* — **Production économique de l'électricité dans les régions industrielles.** — 1 *vol. in-8° de* 304 *pages, avec* 117 *figures* (*Prix* : 30 *fr.*). *Ch. Béranger, éditeur, Paris et Liége,* 1919.

Les diverses études contenues dans cet ouvrage étaient sur le point de paraître en août 1914, nous dit l'auteur dans son avant-propos, mais la déclaration de la guerre en arrêta la publication : les prix de revient ont changé depuis lors, mais ceux que l'on pratique à l'heure présente sont fonction des prix de base d'avant guerre, et l'on passe des uns aux autres en leur appliquant des coefficients qui varient d'un jour à l'autre et que le lecteur devra fixer lui-même au moment voulu. Les conclusions de principes, que l'on formulait en 1914, sont encore exactes en 1919.

Une courte introduction de 17 pages est consacrée à l'exposé du développement considérable des applications de l'électricité dans toutes les branches de l'industrie : on passe d'abord rapidement en revue les sources de production du courant et les moyens de l'utiliser. En traitant ensuite des « devoirs de l'électricité », l'auteur énonce l'idée directrice de son œuvre, en déclarant qu'il « faut avant tout assurer l'économie de la sécurité de la production de l'énergie, et c'est, ajoute-t-il, dans la réunion des centrales, ainsi que dans l'organisation complète et rationnelle des groupements que l'on trouvera la solution de ce grand problème ».

Le livre est divisé en deux grandes parties, intitulées « La demande d'énergie » et « L'offre d'énergie ».

La première, la plus courte, est consacrée à l'examen de toutes les centrales d'éclairage et de lumière, de tramways, minières, métallurgiques et agricoles, de la petite et moyenne industrie, etc., avec étude spéciale de la nature de la demande, relativement au genre du courant, et à la régularité du voltage et de la marche.

La seconde partie est beaucoup plus développée. Elle débute par la discussion de la valeur relative des diverses sources de l'énergie, au point de vue du combustible employé, solide, liquide ou gazeux. L'auteur aborde ensuite la comparaison des centrales unités et des groupements de centrales, en faisant état de leurs qualités génériques (ou techniques) et économiques, pour tous les systèmes d'installations et les puissances respectives des stations. Les principaux groupements anglais, allemands et français sont l'objet d'une mention spéciale, mais très sommaire ; celui du bassin de Liége constitue une monographie très fouillée, riche en données extrêmement variées.

Viennent ensuite les conclusions, rangées sous le titre de « La production de l'électricité de l'avenir » : M. Courtoy préconise le groupement des centrales et résume ses vues optimistes dans la devise : « profit, sécurité et progrès dans l'union ».

Un index bibliographique, mentionnant 60 publications, témoigne de l'étendue des recherches auxquelles il a fallu se livrer pour rédiger ce travail.

L'ordonnance en est bonne et les nombreux documents mis en œuvre sont présentés d'une manière très claire et très instructive, en évitant les redites dans la mesure du possible. Des diagrammes, dessinés avec méthode, traduisent aux yeux les copieux tableaux de chiffres et de résultats accumulés en si peu de pages ; l'addition d'une table alphabétique des questions étudiées eut heureusement complété ce livre, qui constitue une mine de renseignements que les électriciens consulteront souvent et avec fruit, car c'est un véritable traité des centrales thermiques, écrit par un théoricien instruit, doublé d'un praticien averti.

Aimé Witz,
Correspondant de l'Institut.

Escard (Jean), *Ingénieur civil.* — **Les fours électriques de laboratoire.** *Deuxième édition.* — 1 *vol. in-8° de* VI-88 *pages avec* 72 *figures* (*Prix* : 6 *francs*). *Dunod, éditeur, Paris,* 1920.

Les fours électriques ont de précieuses propriétés : ils sont facilement réglables, donnent la température que l'on veut jusqu'au-dessus de 2.000° ; ils n'introduisent pas de corps étrangers (solides ou gazeux) dans les produits étudiés, fournissent une température uniforme dans un espace déterminé. M. Escard, avec la clarté d'exposition qui caractérise ses ouvrages, étudie les divers fours électriques pouvant être utilisés dans les laboratoires de recherches scientifiques ou industrielles :

1° Fours à lames ou fils métalliques résistants (nickel, platine) entourant des tubes réfractaires ;
2° Fours à arc ;
3° Fours à arc et résistance ;
4° Fours à résistance ;
5° Fours à bains de sels fondus ;
6° Fours à induction.

Avec les fours à fils résistants, on dépasse difficilement 1.500°. Les fours à arc permettent d'atteindre facilement 2.500°. Les fours à résistance donnent de 1.500° à 2.000°, c'est-à-dire conviennent particulièrement aux recherches métallurgiques.

A. Hollard,
Docteur ès sciences.

Gages (Général). — **Cours de Métallurgie.** *Livre* V : **Métallurgie des alliages métalliques et des métaux autres que le fer.** 2e *édition.* — 1 *vol. in-8° de* 432 *pages avec* 128 *figures. Librairie de l'Enseignement technique,* 3 *bis, rue Thénard, Paris,* 1919.

Ce cours de métallurgie des alliages et des métaux autres que le fer est divisé en trois parties.

La première : « Théorie des alliages métalliques », a reçu un certain développement ; les théories ainsi que les travaux assez récents y sont exposés en détail. Il semble toutefois que l'étude des solutions aqueuses et des mélanges salins fondus, qui sert d'introduction à l'étude des alliages métalliques, aurait pu recevoir un moindre développement, d'autant plus que les alliages proprement dits paraissent relativement un peu négligés. C'est ainsi que la métallographie microscopique n'est qu'effleurée, alors qu'elle a une très grande importance dans l'étude des alliages. Dans un cours de métallurgie de l'importance de celui de M. le général Gages, il eût été nécessaire de lui donner un certain développement. Notons en passant que les clichés micrographiques font totalement défaut. Pour cette partie, cet ouvrage est nettement inférieur à l'ouvrage de Broniewski.

La deuxième partie : « Procédés d'élaboration des alliages métalliques et des principaux métaux usuels autres que le fer », si elle est relativement complète en ce qui concerne les alliages, est notoirement insuffisante en ce qui a trait à la préparation des métaux. Les chapitres traitant des métallurgies du plomb et du zinc conviendraient tout juste à un traité élémentaire : les méthodes modernes ne sont même pas indiquées et celles décrites ne sont plus pratiquement employées à l'heure actuelle. Le cuivre a eu toutefois un traitement de faveur et sa métallurgie y est assez détaillée.

La troisième partie : « Propriétés des alliages et des métaux autres que le fer ; applications industrielles », sans être absolument complète, a groupé toutefois un ensemble de travaux sur les alliages de cuivre très documenté. De tout l'ouvrage, c'est certainement cette

dernière partie qui cadre le mieux avec l'importance de ce cours de métallurgie en cinq volumes.

M. Desmarets.

3° Sciences naturelles

Audrain (Dr J.), *Professeur à l'Ecole de Médecine de Caen.* — **Le système de la lymphe et son importance en Pathologie générale.** — 1 *vol. in*-8° *raisin de* 280 *p.* (*Prix*: 15 *fr.*). *G. Doin, éditeur, Paris*, 1920.

Il existe un système de la lymphe, dont l'origine première est située dans le corps muqueux de Malpighi, auquel se rattachent successivement, comme annexes, le tissu lymphoïde, les synoviales articulaires et les séreuses. Ayant défini ainsi le système de la lymphe, tel qu'il le conçoit, l'auteur expose sa théorie : La fonction antitoxique est dévolue dans l'organisme à ce système lymphatique, et subsidiairement au foie. Quant aux glandes endocrines, dont l'action antitoxique est devenue une notion classique, c'est avec peine qu'il leur attribue un rôle très secondaire.

Dans la première partie de cet ouvrage, le Dr Audrain expose ses recherches personnelles, la technique suivie pour les injections au mercure du corps de Malpighi, l'occlusion spontanée du réseau, qui se produit encore même après la mort, et empêche le mercure injecté de sourdre au niveau des sections, phénomènes qu'il interprète comme une réaction vitale remarquable et qui lui permet de décrire une glande lymphatique malpighienne.

On sait les controverses auxquelles a donné lieu la formation de la lymphe : l'école de Ludwig ne voulant faire intervenir que des forces physico-chimiques de filtration ou d'osmose, l'école d'Heidenhain évoquant le principe vitaliste de la sécrétion.

L'auteur ne se préoccupe pas de ces questions; il laisse de côté ces problèmes, si intéressants cependant.

Mais, néanmoins, il se rattache à la théorie sécrétrice, puisqu'il attribue aux filaments d'union décrits par Ranvier le rôle primordial dans la sécrétion de la lymphe. C'est en étudiant les altérations produites dans le tissu malpighien, soit expérimentalement par des traumatismes provoqués par la chaleur, les rayons X, soit à la suite d'observations cliniques dans les dermatoses diverses, que l'auteur arrive à ses déductions du rôle des éléments de la couche de Malpighi. Les observations dermatologiques sont surtout utilisées. Après avoir montré le rôle pathogénique du réseau malpighien dans la formation et l'évolution de la papule, de la vésicule et de la pustule, Audrain étend ses conclusions aux lésions moins bien connues : cellulite, sclérèmes, sclérodermies, myxœdème, éléphantiasis.

Toutes ces manifestations cutanées ne sont que des réactions malpighiennes aux toxines, et Audrain, entraîné par sa conception du rôle primordial du système de la lymphe, refuse par exemple à la glande thyroïde une action prépondérante dans la genèse du myxœdème : L'origine thyroïdienne du myxœdème est passée en dogme; c'est cependant une erreur, écrit-il. Si la glande thyroïde est souvent touchée dans le myxœdème, c'est simplement parce qu'elle est, comme la glande malpighienne, sensible aux toxines, mais le trouble épidermique est toujours antérieur au trouble thyroïdien.

Sans pouvoir suivre l'auteur dans ses développements pathogéniques et cliniques, nous pouvons, en utilisant ses conclusions, résumer en quelques lignes l'esprit même de ce travail. Le foie et le système lymphatique sont les organes de défenses essentiels de l'organisme contre les intoxications; les réactions de la glande lymphatique, faciles à reconnaître d'après l'état de la peau et des synoviales articulaires, permettent de juger de l'intensité de l'infection.

J.-P. Langlois.

4° Sciences diverses

Demangeon (A.), *Maître de Conférences de Géographie à la Sorbonne.* — **Le Déclin de l'Europe.** — 1 *vol. in*-16 *de* 314 *p.* (*Prix : 7 fr.* 50). *Librairie Payot et Cie, Paris*, 1920.

Il y a quelque quinze ans, un économiste anglais, W. T. Stead, publiait un ouvrage sur l'*Américanisation du monde;* c'était déjà, sous ce titre significatif, un avertissement à l'Europe, menacé dans sa prééminence industrielle par la croissance rapide des Etats-Unis. La longue guerre d'usure que nous venons de subir devait naturellement accentuer ce double mouvement en sens inverse. C'est l'objet du livre où M. Demangeon étudie en géographe et en économiste, avec une dialectique impressionnante et une documentation abondante et bien choisie, le déclin de l'Europe. Les deux grands bénéficiaires de la guerre ont été les Etats-Unis et le Japon, deux belligérants, il est vrai, mais trop éloignés du théâtre de la guerre pour en ressentir les contre-coups fâcheux; ils ont joué surtout le rôle d'approvisionneurs en produits plus qu'en hommes. L'auteur étudie successivement leur puissance financière, leur puissance maritime et leur puissance industrielle, puis il décrit leur expansion commerciale dans laquelle ces deux puissances se sont comme partagées les débouchés délaissés par l'Europe : les Etats-Unis ont desservi les pays en façade sur l'Atlantique, le Japon s'est constitué le roulier du Pacifique.

Sans négliger la menace du Japon, ce sont évidemment les Etats-Unis, plus rapprochés, plus peuplés, plus étendus, plus riches en matières premières de toute sorte, qui constituent pour l'Europe la menace la plus redoutable. Bien plus que l'Angleterre, ils profiteront de la déchéance de l'Allemagne, et la rivalité anglo-allemande d'avant-guerre se transformera en une rivalité anglo-américaine. L'Angleterre aura de la peine à reprendre sa prépondérance financière et à garder sa prépondérance maritime. Pourtant la richesse fraîchement acquise des Etats-Unis ne remplace pas la vieille expérience bancaire de l'Angleterre que l'Allemagne n'avait pas pu acquérir, de même que la progression rapide du tonnage américain, — qui représente déjà à peu près les deux tiers du tonnage anglais — n'est qu'un des éléments de la puissance maritime; il faut, en outre, former des marins, outiller des escales, apprendre à cueillir le fret et à aiguiller les navires, et là encore l'expérience séculaire britannique ne s'improvise pas en quelques années. Le point noir dans la puissance maritime de l'Angleterre, c'est la réduction de sa production en charbon, qui en réduit d'autant l'exportation et prive ses bateaux d'un précieux fret d'aller.

M. Demangeon consacre un chapitre à l'éveil des peuples indigènes; les nègres s'agitent aux Etats-Unis, l'Egypte exige son autonomie et l'obtiendra; la paix que l'Europe, ou plus exactement l'Angleterre, veut imposer à la Turquie agite tout l'Islam, ébranle l'Inde. Ce sont des échardes qui pénètrent surtout la chair anglaise, mais, et l'auteur a laissé de côté cette question, l'effondrement de la Russie est bien aussi un des principaux facteurs du déclin de l'Europe, par l'infection toujours à craindre du bolchevisme, qui, barré vers l'Europe, reflue actuellement vers l'Asie, par la disparition d'un grenier de grains et de matières premières, par les pertes financières d'un gros débiteur en faillite. Plaie d'argent n'est pas mortelle, mais la matière humaine perdue sera plus longue à remplacer, et la guerre laisse après elle en Europe des ferments de discorde, des haines, des rivalités peu favorables au progrès économique.

Pierre Clerget,

Directeur de l'Ecole supérieure de Commerce de Lyon.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS
Séance du 21 Juin 1920

M. le Président annonce le décès de M. **Adolphe Carnot**, membre libre de l'Académie. — M. **L. Torres Quevedo** est élu correspondant pour la Section de Mécanique en remplacement de M. Boulvin, décédé.

1° Sciences mathématiques. — M. **J. Villey** : *Sur le choix de la densité de remplissage dans la conception des moteurs d'aviation à explosions.* L'auteur recherche quelle est la densité de remplissage des cylindrées D la plus avantageuse à choisir dans la conception du moteur d'aviation destiné à fonctionner non dans une atmosphère donnée et invariable, mais dans de l'air à densités très diverses. Choisir D revient à choisir l'altitude de construction Z, c'est-à-dire l'altitude où l'alimentation normale donne la densité de remplissage. Les considérations qui interviennent dans le choix de Z sont très diverses : appareils auxiliaires de suralimentation et de limitation, recherche de la puissance massique maximum, légèreté du moteur, etc. — M. **R. Jarry-Desloges** : *Sur différents phénomènes observés sur la planète Mars dans la présente opposition.* L'auteur signale la réapparition de *Nix Olimpica*, découverte par Schiaparelli en 1879 et qui avait été recherchée en vain depuis 1881. Il ne s'ensuit pourtant pas que la nature de cette blancheur soit la même. En effet, en 1879, on était au milieu de l'hiver martien boréal, tandis qu'en 1920 on était au milieu de son été. Dans le premier cas, cette apparence serait due aux matières blanches polaires, dans le second à des masses brumeuses.

2° Sciences physiques. — Mme **Paule Collet** : *Sur deux modes de rectification des courants par les galènes.* Aux faibles énergies, seules les galènes sensibles donnent un courant continu, toujours de même sens; il correspond pour la galène sur laquelle appuie une pointe métallique, d'ailleurs quelconque, à un afflux positif du cristal à la pointe. Aux grandes énergies, au contraire, les galènes sensibles ne se différencient plus des autres. Tous les autres points donnent uniformément des courants rectifiés qui correspondent cette fois à un afflux négatif du cristal à la pointe. — M. **Ernest Berger** : *Sur quelques réactions amorcées.* L'auteur appelle *réactions amorcées* les réactions entre corps solides intimement mélangés qui se poursuivent lorsqu'un point de la masse a été porté à une température suffisante au moyen d'une amorce. Comme amorce, l'auteur a employé un mélange de 60 de nitrate de potasse ou de soude et 40 de siliciure de Ca industriel. L'auteur a étudié les réactions suivantes : 1° production de P et As en vapeurs par réduction des phosphates et arséniates de Bo par Al; 2° réduction des sulfates alcalino-terreux par P; 3° préparation des fluorures de Si et de Bo; 4° réactions du siliciure de Ca avec S, P, etc. — M. **A. Recoura** : *Sur la constitution du sulfate chromique complexe gris lilas.* Ce corps doit être considéré comme une sorte de chromosulfate de chrome analogue aux chromosulfates métalliques que l'auteur a décrits autrefois et qui proviennent de l'union du sulfate vert de chrome avec les autres sulfates métalliques. Mais tandis que, dans les chromosulfates, une molécule de sulfate vert fixe au maximum 3 radicaux SO^4, ici elle en fixe 6. — MM. **P. Jolibois** et **P. Bouvier** : *Sur la précipitation des sels mercuriques par l'hydrogène sulfuré.* La composition du précipité, constante lorsqu'il y a excès d'H^2S ou excès de $HgCl^2$, correspond dans le premier cas à la formule HgS, dans le deuxième à la formule $2HgS.HgCl^2$. Quant aux précipités intermédiaires obtenus, leur composition varie proportionnellement à la teneur du liquide en bichlorure entre des limites assez voisines. — M. **A. de Gregorio Rocasolano** : *Sur la décomposition catalytique de l'eau oxygénée par le platine colloïdal.* Les réactions de décomposition de H^2O^2 par les électrosols de Pt ne sont jamais monomoléculaires ou de premier ordre. H^2O^2 se transforme en se décomposant, mais le catalyseur se transforme aussi. D'après l'auteur, les particules du Pt catalyseur sont des solutions solides d'oxygène dans le métal, dont la concentration en O va en diminuant depuis le début de la décomposition catalytique. — M. **P. Chevenard** : *Changement thermique des propriétés élastiques des aciers au nickel.* Dans l'état stable à chaud, le coefficient thermo-élastique croît pendant toute la transformation, puis diminue brusquement dans la région du point de Curie. Dans l'état stable à froid, pour les alliages réversibles, le coefficient croît rapidement jusqu'à un maximum correspondant sensiblement au minimum de la dilatabilité, puis se raccorde graduellement, après un minimum peu accusé, à la valeur relative au nickel. La trempe et l'écrouissage diminuent la valeur du module d'élasticité. — M. **E. Hildt** : *Sur l'hydrolyse des polysaccharides.* En présence du mélange $1/2\ SO^4H^2 + \bar{C}^6H^5.SO^3Na$, le glucose et le galactose purs conservent intacts leurs pouvoirs rotatoires et réducteurs; les polysaccharides non lévulosiques : lactose, maltose, mélibiose, glycogène, ne sont pas hydrolysés à la température ordinaire, tandis que, pour le saccharose, le raffinose et l'inuline, le décrochement du lévulose est complet, même à la température ordinaire, après un temps suffisant. — M. **A. Goris** : *Sur la composition chimique du bacille tuberculeux.* L'auteur a isolé des bacilles tuberculeux un corps insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther, soluble à la longue dans le chloroforme à froid, qui le laisse déposer par évaporation sous forme de pellicule translucide d'aspect vitreux, d'où le nom de hyalinol proposé par l'auteur. Il se ramollit, plutôt qu'il ne fond à 175°. Sa composition est : C, 55,5°/₀ ; H, 7,15°/₀ ; O, 37,35°/₀. Traité par la soude à l'ébullition, il dégage une odeur agréable de jasmin.

3° Sciences naturelles. — M. **L. Cayeux** : *Le quartz secondaire et le quartz rhomboédrique dans les minerais de fer du Bassin de Longwy-Briey.* Le quartz secondaire apparaît au sein des grains de sidérose, sous forme de petits granules irréguliers, toujours orientés optiquement de la même manière dans un individu donné, et qui, en se rejoignant, se soudent dans le même grain. Ce quartz secondaire a pris naissance indubitablement dans la mer, presque au moment de la chute des éléments sur le fond. Plusieurs minerais montrent, d'autre part, dans la gangue de petits éléments de quartz en forme de rhomboïdes parfaits ou inachevés. — M. **P. Russo** : *Les terrasses alluviales de l'Oum er Rbia (Maroc occidental).* Dans la portion de son cours qui traverse la plaine de Tadla, l'Oum er Rbia présente quatre terrasses bien distinctes, aux altitudes relatives de 5-10 m., 15-20 m., 28-33 m. et 52-58 m., avec deux niveaux accessoires autour de 40 m. et 70 m. Il y a une concordance remarquable entre l'Oum er Rbia et l'Isser, le Rhône et la Somme en ce qui concerne les 1re, 2e et 4e terrasses. — M. **L. Daniel** : *Réactions antagonistiques et rôle du bourrelet chez les plantes greffées.* Le bourrelet contribue pour une bonne part à modifier les états biologiques du sujet et du greffon et à déterminer un antagonisme nettement marqué, même dans les greffes de la plante sur elle-même où, sans lui, il ne devrait pas exister. Cet antagonisme détermine la formation d'organes réparateurs, pendant que les échanges de produits provoquent accidentellement des symbiomorphoses variées. Les organes réparateurs, externes ou internes, peuvent être du type pur des associés ou réaliser des hybrides de greffe se produisant directement au niveau du bourrelet ou à des distances variables de ce point. — M. **E. Licent** : *Sur l'emploi, comme fixateur, des mélanges de formol*

et de composés chromiques. L'auteur recommande les 3 formules suivantes de fixateur, qu'il a expérimentées avec succès depuis 15 ans : 1° ac. chromique à 1°/₀, 80 cm³ ; formol pur du commerce, 15 cm³ ; ac. acétique glacial, 5 cm³ ; 2° mêmes proportions que 1°, mais avec ac. chromique à 2°/₀ ; 3° ac. chromique à 2°/₀, 65 cm³ ; formol pur, 30 cm³ ; ac. acétique cristallisable, 5 cm³. Le premier et le second fixateur s'emploient pour les tissus ordinaires adultes et les jeunes méristèmes, etc., le troisième pour les tissus résistants et difficiles à pénétrer. — M. **E. Roubaud** : *Emploi du trioxyméthylène en poudre pour la destruction des larves d'Anophèles.* La poudre de trioxyméthylène, répandue en traces, d'une manière uniforme, à la surface de l'eau, assure la destruction des larves d'Anophèles qui l'ingèrent. L'action produite est spécifique. 0,25 gr. suffisent pour couvrir utilement 1 m². Il faut éviter d'agiter l'eau. — M. **J. Nageotte** : *Toxicité de certains greffons morts hétérogènes.* L'auteur a constaté que les tendons de la queue du rat, employés comme fils de suture pour la réparation de plaies nerveuses chez le chien, deviennent à la périphérie le siège d'une inflammation à cellules géantes développées qui finit par détruire complètement le greffon, comme si ce dernier était toxique pour l'organisme. Il ne semble pas que les tissus morts du veau et du chien soient toxiques pour l'homme. — MM. **A. Mayer, A. Guieysse-Pellissier, L. Plantefol** et **E. Fauré-Frémiet** : *Lésions pulmonaires déterminées par les corps vésicants.* L'inhalation d'un corps vésicant, tel que le sulfure d'éthyle dichloré, détermine un ensemble de lésions pulmonaires (muqueuse trachéale œdématiée, piquetée de taches hémorragiques et de points de sphacèle, ou recouverte de larges fausses membranes fibrineuses ou d'enduits purulents ; lobes pulmonaires tachetés et marbrés de rouge avec des zones plus sombres d'infarctus) bien distinct au point de vue anatomo-pathologique de celui qu'on observe après l'action des gaz suffocants. Le mécanisme même de la mort est absolument différent ; le plus souvent, ce sont les lésions de bronchite capillaire qui entraînent à brève échéance une issue fatale chez l'homme. — M. **E. Ducloux** : *Sur la formation de races asporogènes du* Bacillus anthracis. *Atténuation de sa virulence.* Sous l'influence des produits retirés des parties externes de la graine de lin, des modifications profondes se produisent dans la structure et la constitution du cytoplasme du *Bac. anthracis.* Ce bacille perd la faculté de former ses spores, et il ne possède plus la capacité de sécréter en quantité suffisante des produits spéciaux empêchant la phagocytose de réaliser tous ses actes.

Séance du 28 Juin 1920

1° Sciences mathématiques. — M. **Em. Belot** : *Sur l'origine de la chaleur solaire et stellaire.* Si une étoile gazeuse de densité voisine de 10^{-5} heurte une nébuleuse à la vitesse de 2.000 km. par seconde et que sa vitesse se réduise à 20 km. par la traversée de la nébuleuse (tant à cause du choc des masses que par leur frottement latéral), il se sera transformé en chaleur une énergie $M \times (1980)^2/2$, soit environ 10 fois l'énergie nécessaire pour produire 32 millions d'années de radiation dans le Soleil. A cette énergie pourra s'ajouter au cours des âges l'énergie de contraction, ce qui assurerait au Soleil 350 millions d'années de radiation. — M. **Al. Véronnet** : *Température de formation d'une étoile dans une nébuleuse homogène indéfinie.* Dans l'hypothèse de la formation au sein d'une nébuleuse homogène indéfinie, le temps de formation du Soleil peut varier de 200 millions d'années à 640.000 ans. Le temps d'évolution, depuis la formation, varierait de 0 à 850.000 ans, et la température de formation resterait inférieure à 20.000°.

2° Sciences physiques. — M. **G. M. Stanoiévitch** : *L'aéroplane et la grêle.* L'auteur propose, pour se défendre contre la grêle, l'emploi des aéroplanes dans les contrées où ce fléau est fréquent. La chute de la grêle étant un fait terminal d'une ou plusieurs journées chaudes, sèches et surtout calmes, l'action des aéroplanes, sortant à intervalles plus ou moins espacés, consistera principalement à déranger et détruire ce calme caractéristique et, pour ainsi dire, indispensable à la naissance et au développement d'un nuage à grêle. — M. **Ch. Ed. Guillaume** : *Valeurs des dilatabilités des aciers au nickel types.* L'auteur désigne comme aciers au nickel types ceux qui contiennent simultanément 0,4 °/₀ de Mn et 0,1 °/₀ de C. Le résultat de ses déterminations est condensé en deux courbes, qui représentent les valeurs respectives des deux coefficients α_{20} et β_{20} de l'équation de dilatation. Le minimum de α_{20}, égal à $1,19.10^{-6}$, correspond à un acier à 35,6 °/₀ de Ni. — M. **Gouineau** : *Vérification de la thermo-électricité du mercure liquide.* L'auteur a vérifié, par un dispositif de son invention, que le nouvel effet thermo-électrique par étranglement existe dans le mercure et qu'il ne provient pas, par conséquent, de l'hétérogénéité des métaux employés. — M. **A. Sellerio** : *Analyse de trois effets galvanomagnétiques. Confirmation d'un nouvel effet.* L'auteur a montré antérieurement que, dans une plaque parcourue par un courant électrique normal à un champ magnétique, le champ fait apparaître un courant le long d'une ligne de force magnétique ; c'est pour cela qu'on peut appeler tout court ce phénomène *axial*, en le distinguant de celui de Hall, qui est dit *transversal.* En poursuivant ses expériences, l'auteur a reconnu qu'outre ces deux effets, transversal et axial, qui changent de signe soit avec le courant primaire, soit avec le champ, il y en a un troisième qui ne change pas de signe avec le champ. — M. **Pauthenier** : *Le rapport des retards absolus dans le phénomène de Kerr pour différentes longueurs d'onde (cas du nitrobenzène). Application de la méthode des charges instantanées au sulfure de carbone.* Le rapport des retards absolus dans le nitrobenzène est égal à —2, quelle que soit la longueur d'onde, pour des durées de charge suffisamment courtes. Lorsque la durée de charge croît, le rapport des retards croît légèrement, dans les limites où l'expérience permet de l'étudier. Ces résultats sont en complet accord avec la théorie de l'orientation moléculaire et avec l'hypothèse d'une variation d'indice par électrostriction. Le rapport des retards absolus dans le sulfure de carbone est aussi égal à —2 pour des durées de charge suffisamment courtes. — M. **Audant** : *Contribution à l'étude de l'état critique de l'éther éthylique.* L'auteur a vérifié la règle énoncée par M. Mathias sur les variations de la température d'apparition de la couche de passage avec le remplissage des tubes, et l'hypothèse de Smoluchowski d'après laquelle l'opalescence diminue plus lentement quand la température s'élève au-dessus du point de séparation que lorsqu'elle s'abaisse au-dessous. — M. **Em. Damour** : *Sur la valeur d'usage des combustibles.* L'auteur exprime cette valeur V par la formule : $V = P f(\Theta - t)[1 + a(\Theta - t)] + M$, où P est le pouvoir calorifique inférieur, Θ la température de combustion, t la température de régime, f une fonction se calculant par les bilans thermiques du four avec le combustible à comparer et M un terme représentant tous les frais comparés de manutention, gazéification, pulvérisation, décrassage, conduite des feux. — M. **R. Dubrisay** : *Application à l'étude des sels doubles d'une méthode nouvelle d'analyse physico-chimique.* L'auteur mêle en proportions connues des liqueurs titrées de deux sels simples, et suit les variations de la température de miscibilité d'un volume fixe de la liqueur ainsi préparée avec un égal volume de phénol. Les écarts notables et systématiques entre les températures observées et les températures calculées se manifestent par des couples susceptibles de donner naissance à des sels doubles. — MM. **R. Lespieau** et **Bourguel** : *Production de carbures acétyléniques vrais à partir de l'épidibromhydrine.* L'épidibromhydrine α, $CH^2Br.CBr : CHBr$, réagit à froid sur les dérivés magnésiens mixtes pour donner les composés du type $CH^2 : CBr.CH^2R$. On fixe deux atomes de Br sur ces derniers, puis on ajoute au tribromure ainsi formé un atome de Na dissous dans l'alcool à 95°, ce qui conduit au dibromure $CHBr : CBr.CH^2R$, que l'on traite

ensuite par la poudre de Zn en présence d'alcool à 95°. On obtient ainsi le corps acétylénique $CH \equiv C.CH^2R$. — M. **R. Wurmser** : *Action sur la chlorophylle des radiations de différentes longueurs d'onde.* La susceptibilité photochimique de la chlorophylle varie avec la longueur d'onde d'une façon sensiblement proportionnelle à la constante d'absorption de la radiation, sauf au voisinage du minimum d'absorption où elle décroît plus rapidement. Les radiations dont les fréquences correspondent aux deux bandes principales rouge et violette de la chlorophylle sont, à énergie absorbée égale, également actives. — MM. **Em. Bourquelot** et **H. Hérissey** : *Présence dans le Mélilot et l'Aspérule odorante de glucosides fournissant de la coumarine sous l'action hydrolysante de l'émulsine.* L'hydrolyse diastasique de ces deux plantes a fourni d'une part de la coumarine, de l'autre un sucre qui est certainement le glucose *d* ; mais il est encore impossible de dire si ces deux corps constituent à eux seuls la totalité de la molécule glucosidique hydrolysée. — MM. **P. Thomas** et **A. Chabas** : *Sur le dosage de la tyrosine et des acides aminés bibasiques dans les protéiques de la levure.* La cérévisine de la levure contient 4,13 % de tyrosine et 6,26 % d'acide glutamique ; la zymocaséine en renferme respectivement 2,85 % et 0,94 %. Les deux substances ne contiennent pas plus de 1 % d'acide aspartique.

3° Sciences naturelles. — M. **L. de Launay** : *L'allure du terrain houiller dans le Massif central et à ses abords.* Quand on examine l'allure des affleurements houillers mis à découvert dans le Massif central, les Vosges ou la Bretagne, on constate que : 1° Ces dépôts correspondent, non à des débris d'une formation unique, mais à des remplissages de lacs localisés, par des matériaux dont on peut souvent retrouver la provenance, dans un voisinage presque immédiat. 2° Ces sillons houillers diffèrent totalement de synclinaux normaux par l'absence de terrains immédiatement antérieurs, tels que le Dinantien ou le Dévonien, dans leur fond. 3° Les bassins houillers sont placés dans les conditions les plus diverses par rapport aux terrains antérieurs. 4° Le Permien, tout en étant nettement transgressif sur le Stéphanien, occupe généralement les mêmes zones de dépression ; la présence du Permien, quand il affleure au jour, indique donc la possibilité que le Houiller existe au-dessous. L'auteur, en se basant sur ces considérations et d'autres, a déterminé quelques emplacements rationnels de sondages dans la cuvette du Bassin de Paris. — M. **P. Bonnet** : *Sur les mouvements des mers à la limite du Permien et du Trias dans les géosynclinaux de l'Eurasie.* La fluctuation régressive qui se produit à la limite du Permien et du Trias est minima dans l'Himalaya, qui paraît être le centre du géosynclinal de l'Eurasie, et elle augmente à mesure qu'on se rapproche de son extrémité occidentale, c'est-à-dire vers les Alpes, et vraisemblablement aussi de son extrémité orientale, c'est-à-dire vers l'Indochine et la région de l'Oussouri. Ce fait explique la transition insensible, au point de vue de la faune, entre les deux terrains dans l'Himalaya, tandis qu'elle est très marquée dans les Alpes et encore accusée dans la région arménienne. — MM. **L. Maquenne** et **E. Demoussy** : *Un cas d'action favorable du cuivre sur la végétation.* En cultivant de très jeunes plantules de laitue, pois, blé en milieu liquide, par conséquent en l'absence de micro-organismes, sur des solutions convenablement minéralisées, les auteurs ont constaté que le cuivre, dès la dilution de 8 milliardièmes pour la laitue, à une concentration 10 fois plus forte pour les pois et le blé, exerce une influence nettement favorable sur le développement. Il se peut que, dans ce cas, ce métal fonctionne comme antitoxique, comme le calcium vis-à-vis des autres métaux. — M. **G. Mangenot** : *Sur l'évolution des chromatophores et le chondriome chez les Floridées.* Il existe chez les Lémanéacées deux variétés de mitochondries, distinctes par leur taille et leur chromaticité. L'une, dont les fonctions sont inconnues, persiste sans grands changements pendant toute l'ontogénèse. L'autre, élaboratrice du pigment vert, subit d'amples variations, depuis les chondriochontes effilés des rhizoïdes jusqu'aux rubans épais de l'appareil fructifère, selon la présence ou l'absence de chlorophylle. — MM. **L. Lapicque** et **Brocq-Rousseu** : *Les algues marines comme aliment de travail pour le cheval.* Les expériences des auteurs sur les algues employées comme aliment de travail chez le cheval établissent une équivalence vis-à-vis de l'avoine au moins égale à 1. C'est au polysaccharide soluble que revient la part essentielle dans la valeur alimentaire observée. — M. **A. L. Herrera** : *Sur l'imitation des cellules, des tissus, de la division cellulaire et de la structure du protoplasma avec le fluorosilicate de calcium.* Le fluorosilicate de calcium, produit par double décomposition d'un silicate alcalin et de bifluorure de K, en présence de calcium et eau, si la diffusion des solutions est très lente, donne des imitations remarquables de la structure du protoplasma, des cellules naturelles et de leur division, ainsi que de divers tissus. Ces imitations peuvent être étudiées et conservées par les procédés histologiques. Les pseudocellules montrent une membrane, un spongioplasma, une membrane nucléaire, des filaments chromatiques et un nucléole. La tendance à la division de ces pseudo-éléments est constante. — M. **Gautiez** : *Influence de l'attitude du corps sur la respiration.* La station et la marche sur avant-pieds, en fixant la colonne vertébrale, facilitent et amplifient le jeu de la respiration. Il en résulte, dans la plupart des états pathologiques, une amélioration du plus haut intérêt. — M. **J. Amar** : *Attitudes du corps et respiration.* L'auteur a vérifié par des mesures de ventilation pulmonaire les conclusions précédentes de M. Gautiez. La marche sur avant-pieds, torse redressé, exerce la partie supérieure des poumons en dilatant la cage thoracique par relèvement des premières côtes. Elle permet les respirations larges et profondes, seules compatibles avec un entraînement physique rationnel. La marche sur talons a des effets contraires, généralement nuisibles à la santé. — MM. **A. Mayer**, **H. Magne** et **L. Plantefol** : *Sur l'action toxique du sulfure d'éthyle dichloré.* En outre de l'action locale qu'il exerce sur les tissus avec lesquels il est en contact, le sulfure d'éthyle dichloré a une action toxique générale sur l'organisme. C'est un poison convulsivant à forte dose. Il provoque une chute de pression artérielle, des lésions du tube digestif, une diminution progressive des globules blancs qui peut aller jusqu'à leur disparition complète dans le sang, et un amaigrissement des sujets atteints. — M. **F. Ladreyt** : *Sur le polymorphisme histologique de certains néoplasmes épithéliaux et les relations des néoformations inflammatoires et des tumeurs cancéreuses.* L'examen de certains polypes adénomateux a permis à l'auteur d'établir un tableau histologique qui tient à la fois des processus inflammatoires typiques et des processus néoplasiques. Il en conclut que, dans de nombreux cas : 1° les inflammations et les tumeurs ne paraissent pas former deux groupes distincts, mais une suite continue ; 2° la transformation néoplasique n'est pas une complication, mais un stade évolutif de l'affection ; 3° les tumeurs bénignes et les tumeurs cancéreuses ne sont pas deux entités distinctes, mais les formes évolutives divergentes d'une même lésion. — M. **A. Besredka** : *Essai d'épuration des sérums thérapeutiques.* Du sérum antitétanique ou antidiphtérique coagulé, desséché et finement trituré est émulsionné dans de l'eau phéniquée stérilisée. Au bout de quelques heures, il se forme deux couches, dont la supérieure, liquide, s'est enrichie en anticorps aux dépens de la partie solide.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 8 Juin 1920

MM. **A. Follet**, **G. Ollive** et **J. Lépine** sont élus Correspondants nationaux dans la Division de Médecine.

MM. **P. F. Armand-Delille** et **P. L. Marie** : *Etude de l'immunité diphtérique par l'intradermo-réaction à la*

toxine diphtérique. Les auteurs ont fait une enquête au moyen de la réaction de Schick (intradermo-réaction à la toxine diphtérique) sur plus de 200 sujets appartenant à plusieurs orphelinats; sur ces 200 sujets, ils ont eu 75 résultats positifs, soit 37,5 %, chiffre qui correspond à la moyenne générale des statistiques américaines. Les auteurs estiment qu'il y aurait un intérêt considérable à pratiquer cette réaction, qui est d'ailleurs d'une innocuité absolue : 1° dans tous les milieux scolaires, dès la rentrée des classes, avec mention du résultat sur la fiche scolaire; 2° dans les casernes, dès l'incorporation des jeunes recrues; 3° sur le personnel hospitalier, afin d'en faire la sélection pour le service des contagieux.

Séance du 15 *Juin* 1920

MM. **Maunoury** et **Ch. Nicolle** sont élus Associés nationaux.

M. **A. Frouin** : *Action des sels de terres du groupe cérique dans le traitement de la tuberculose expérimentale chez le cobaye et le lapin.* Les faits expérimentaux précédemment établis par l'auteur : 1° action directe des sels de terres rares sur le développement et sur la teneur du bacille tuberculeux en matières grasses; 2° modifications humorales produites par les injections intra-veineuses, justifiaient l'essai de ces sels dans le traitement de la tuberculose expérimentale chez les animaux. Les expériences entreprises par lui sur le cobaye et le lapin prouvent que l'injection de sels de terres rares détermine une survie très nette chez les animaux tuberculeux en provoquant la sclérose des organes atteints.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 12 *Juin* 1920

M. **L. Blaringhem** : *Couleur et sexe des fleurs.* L'auteur a observé, sur une plante de *Dianthus barbatus*, une variation brusque de couleur des fleurs, qui passent du blanc légèrement teinté de lie de vin au rouge vif. Cette transformation coïncide avec le passage de l'état de fleur mâle avec étamines à celui de fleur femelle avec pistil. — M. **H. Bierry** : *Glycémie et indice glycémique.* L'étude du sucre libre et du sucre protéidique, faite chez un animal dans des conditions physiologiques déterminées, montre que ces éléments présentent une fixité suffisante pour être regardée comme spécifique de l'individu. Une fois l'indice glycémique établi, il devient possible d'étudier chez un même sujet les influences que peuvent exercer les modifications physiologiques ou pathologiques. — M. **J. Jolly** : *Modifications histologiques de la moelle osseuse dans l'inanition.* Dans l'inanition, les vésicules adipeuses de la moelle disparaissent, le système vasculaire se dilate et le tissu lymphoïde s'atrophie. Ces observations montrent que la moelle, en dehors de sa fonction hémopoïétique, joue le rôle d'une réserve de graisse, et que, par son tissu lymphoïde, elle peut constituer aussi une réserve de nucléoprotéides, au même titre que le thymus et la rate. — MM. **H. Busquet** et **Ch. Vischniac** : *Disparition rapide de l'huile dans le sang après l'injection intra-veineuse.* Après l'injection intra-veineuse d'huile, à la dose de 2 à 3 cm³ par kgr. d'animal, chez le chien, on ne trouve dans le sang au bout de 1/4 d'heure ni l'huile, ni l'acide gras résultant de son dédoublement. Cette disparition rapide de l'huile dans le sang explique l'innocuité relative de cette substance administrée par voie intra-veineuse. — MM. **H. Labbé**, **Goiffon** et **Nepveux** : *L'indice d'oxydabilité comme test de putréfaction des matières fécales.* L'activité des bactéries anaérobies intestinales doit être en relations avec la quantité de corps réducteurs (ou oxydables) qu'on retrouve dans les fèces. Aussi les auteurs ont-ils évalué la quantité d'oxygène qu'une dilution de fèces fraîches emprunte à une solution de permanganate, en milieu acide, à froid, en 3 minutes, et ils prennent celle-ci comme indice de l'activité des putréfactions intestinales.

Séance du 19 *Juin* 1920

M. **W. Kopaczewski** : *Le choc par contact.* L'auteur distingue, sous le terme de choc par contact, les phénomènes produits par l'introduction dans le milieu humoral d'une substance colloïdale étrangère à ce milieu, et qui ne nécessitent aucun temps d'incubation. Il s'agit là d'un phénomène physique, qui ne saurait jusqu'à nouvel ordre être confondu avec l'anaphylaxie. — M. **M. Doyon** : *Influence de l'éther ou de l'alcool sur la coagulation du lait. Influence du nucléinate de soude sur la coagulation du lait et du sang.* L'éther et l'alcool favorisent considérablement la coagulation du lait par la présure. Le nucléinate de soude s'oppose à la coagulation du lait par la présure, et à celle du sang, dont il provoque rapidement une forte hémolyse. — M. **W. Mestrezat** et Mlle **M. Janet** : *Dosage de l'urée dans le sang par le xanthydrol.* L'étude systématique de la précipitation de l'urée par le xanthydrol en solution aqueuse ou en présence du réactif de Tanret employé comme déféquant n'offre les garanties d'une rigueur parfaite (approximation égale ou inférieure à 1 %) qu'à la condition d'opérer sur une humeur amenée à ne renfermer que 1/2 gr. d'urée par litre et d'utiliser un excès suffisant de xanthydrol, soit un volume de solution méthylique à 10 % égal au dixième de la solution acéto-uréique à traiter. — MM. **A. Boquet** et **L. Nègre** : *Mode de préparation et pouvoir antigène des extraits alcooliques de bacilles tuberculeux.* L'extrait alcoolique des bacilles tuberculeux préalablement traités par l'acétone possède un pouvoir antigène beaucoup plus élevé que l'extrait alcoolique direct ou que l'extrait alcoolique total obtenu en traitant les microbes dans l'appareil de Kumagawa. Cet extrait est limpide et ne se trouble pas par addition d'eau.

Séance du 26 *Juin* 1920

MM. **H. Busquet** et **Ch. Vischniac** : *La destinée de l'huile injectée dans les vaisseaux. Son accumulation dans les organes.* L'huile d'olive injectée dans le sang disparaît du liquide circulant malgré la ligature des uretères et du canal cholédoque; il ne s'agit donc pas d'une disparition par excrétion dans le monde extérieur. L'huile, non saponifiée, se retrouve en abondance dans le rein; il est donc permis de conclure que le sang s'en débarrasse grâce à une fixation du corps gras sur les tissus. Le foie, considéré comme l'organe fixateur des corps gras par excellence, ne paraît pas jouir de la même propriété vis-à-vis de l'huile introduite par voie intra-veineuse. — M. **J. Verne** : *Sur la nature du pigment rouge des Crustacés.* L'analyse élémentaire pratiquée sur un grand nombre d'échantillons provenant de Crustacés divers montre que ce pigment est un hydrocarbure, et que le carbone est à l'hydrogène dans le rapport de 5 à 7. Un certain nombre d'essais ébullioscopiques, ainsi que la combinaison iodée, tendent à faire admettre que le poids moléculaire de ce carotène est semblable à celui des carotènes végétaux et à lui attribuer une formule brute analogue : $C^{40}H^{56}$. — MM. **Em. Guyénot** et **A. Naville** : *Sur un Sporozoaire de la Couleuvre, vraisemblablement inoculé par un Trématode parasite.* Les auteurs ont découvert dans les tissus de Couleuvres fortement parasitées des spores d'un Protozoaire nouveau, qui se retrouvent également à l'intérieur d'un Trématode adulte du genre *Distomum*, qui infecte le Reptile. La pullulation et la fréquence du parasite dans les Distomes montrent qu'il ne s'agit pas d'une infection accidentelle de ces derniers, et que ceux-ci jouent vraisemblablement le rôle d'agent inoculateur vis-à-vis du vertébré qui les héberge. — M. **P. Flores** : *Recherches comparatives sur le traitement chimiothérapique du tétanos expérimental.* L'auteur a étudié comparativement sur le cobaye la valeur des diverses méthodes proposées pour le traitement chimiothérapique du tétanos déclaré. Les méthodes de Meltzer (au sulfate de magnésie) et de Verneuil (à l'hydrate de chloral) ont donné des résultats intéressants; celles de Baccelli (à l'acide phénique) et de Sewel-

Vella (au curare) donnent des résultats très médiocres, voire nuls.

Séance du 3 Juillet 1920

MM. **R. Debré, J. Paraf** et **L. Dautrebande** : *La période anté-allergique dans la tuberculose expérimentale du cobaye.* Les auteurs appellent période anté-allergique le temps qui s'écoule entre l'inoculation de bacilles tuberculeux et le moment où l'animal réagit à la tuberculine. Cette durée est inversement proportionnelle à la dose de bacilles injectés. Connaissant cette dose, on peut assez exactement prévoir la date de l'apparition de l'intra-dermoréaction. — M. **J. Verne** : *Sur l'oxydation du carotène des Crustacés.* Le carotène des Crustacés fixe l'oxygène de l'air immédiatement et pendant un temps assez long. Le produit résultant de l'oxydation est un complexe, dont l'auteur a pu isoler un alcool cristallisant en tablettes incolores et qui est voisin de la cholestérine; ce corps se trouve en abondance dans l'hépato-pancréas des Crustacés. — MM. **Ch. Nicolle** et **E. Conseil** : *Prévention du typhus exanthématique au moyen du sérum de convalescents chez les personnes contaminées par les poux de malades.* Les auteurs ont utilisé les propriétés préventives du sérum des convalescents de typhus pour la protection des personnes en imminence de maladie, ainsi que le sont celles qui contractent des poux en approchant d'un malade pour le secourir. Sur 7 personnes ainsi traitées, aucune n'a contracté le typhus. — MM. **M. Lœper, G. Faroy** et **J. Tonnet** : *Le dosage du ferment protéolytique dans le suc des tumeurs et le sérum des cancéreux.* La peptone permet de mesurer très exactement l'activité protéolytique d'un extrait de tumeur ou d'un sérum, ce qui est difficile ou parfois impossible avec une autre substance protéique en raison de la trop faible proportion des corps aminés produits. Elle montre que le ferment, déjà évident dans la tumeur, l'est plus encore dans le sang; c'est la raison de l'abaissement si important du coefficient azotémique.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 22 Avril 1920

Sciences physiques. — M. **H. W. Hilliar** : *Expériences sur l'onde de pression produite par les explosions sous-marines.* L'auteur décrit une méthode pour déterminer la courbe temps-pression en un point donné dans l'eau au voisinage d'une charge qui fait explosion. Elle dépend, en principe, de la mesure de la vitesse croissante d'un court piston en acier exposé à une de ses extrémités à la pression qui se produit dans l'eau. Des comparaisons ont été faites entre diverses sortes d'explosifs, y compris la poudre ordinaire, qui donne des résultats très différents de ceux des explosifs brisants. Le comportement général de l'onde de pression est très analogue à celui d'une onde sonore. Sa vitesse, mesurée directement, ne diffère pas sensiblement de celle du son dans l'eau de mer (1.494 m. par seconde). La pression s'abaisse en proportion à peu près simple avec la distance de la charge. On peut représenter l'influence de la surface de l'eau sur la pression en un point donné en supposant que l'onde de pression est réfléchie par la surface comme onde de tension. La première partie de l'onde de pression arrive en ce point sans être affectée par la proximité de la surface; mais après un certain intervalle, déterminé par la différence de longueur des trajets direct et par réflexion, la pression restante est oblitérée par l'arrivée de l'onde de tension. — M. **T. R. Merton** : *La structure de la série de Balmer des lignes de l'hydrogène.* Dans un travail antérieur en collaboration avec le Prof. Nicholson, l'auteur avait trouvé que la séparation des composantes des lignes $H\alpha$ et $H\beta$ amenait à considérer la série comme une série principale. Depuis lors, il a reconnu que la structure de ces lignes n'est pas invariable, mais qu'elle est altérée par la présence d'impuretés, notamment de l'hélium, dans les tubes à vide qui renferment l'hydrogène. Les conditions optima de netteté se trouvent dans l'hydrogène mélangé d'un excès d'hélium et refroidi à la température de l'air liquide; dans ces conditions, les séparations des composantes se rapprochent de celles qui sont propres à une série diffuse. L'aspect des lignes dans l'hydrogène le plus purifié est entièrement différent. L'auteur a mesuré les séparations des composantes dans les conditions optima de résolution à l'aide d'un réseau de diffraction à échelon, et il en a déduit les largeurs physiques des lignes et les intensités relatives des composantes. Il suggère que la structure des lignes est complexe, les intensités relatives des composantes variant suivant les conditions; la structure proposée paraît d'accord avec les recherches théoriques de Sommerfeld et avec les résultats de l'expérience. — M. **H. A. Wilson** : *Le diamagnétisme dû aux électrons libres.* L'auteur montre que la présence d'électrons libres dans un métal doit produire une susceptibilité magnétique d'une grandeur comparable à celle qu'on observe dans les métaux diamagnétiques. La susceptibilité magnétique totale des métaux est donc probablement égale à la somme de celle due aux atomes, qu'ils soient paramagnétiques ou diamagnétiques, et de celle due aux électrons libres. — MM. **E. F. Armstrong** et **T. P. Hilditch** : *Etude de l'action catalytique sur les surfaces solides.* III. *L'hydrogénation de l'acétaldéhyde et la déshydrogénation de l'alcool éthylique en présence de métaux finement divisés.* L'aldéhyde peut être converti en alcool en faisant passer ses vapeurs, mélangées d'hydrogène, sur du cuivre ou du nickel (Sabatier); mais, en présence de ce dernier métal, probablement par suite de l'affinité spéciale du Ni pour le groupe CO, l'aldéhyde est sujet à se décomposer en CO et CH^4. Le cuivre à 200°-220° effectue doucement la réduction de l'aldéhyde en alcool, mais à 300° environ 50 °/₀ de l'aldéhyde disparaît et la réduction est presque nulle. La quantité d'aldéhyde obtenue par déshydrogénation de l'alcool en présence de Ni n'est que de 35 °/₀, tandis qu'en présence de Cu le rendement en aldéhyde est de 90 à 95 °/₀ de l'alcool utilisé, et l'alcool inchangé peut être récupéré quantitativement. IV : *La réaction mutuelle de l'oxyde de carbone et de la vapeur d'eau en présence de cuivre ou d'oxyde de fer.* Comme certaines formes d'oxyde de fer, le cuivre préparé est capable de provoquer une transformation avancée de CO et H^2O en CO^2 et H^2. Toutefois, l'oxyde de fer, à une température convenable, permet à la réaction de procéder jusqu'à obtention d'un équilibre, tandis que le cuivre, à la température optima, n'effectue que 50 à 70 °/₀ du taux possible de transformation. L'action du cuivre commence un peu au-dessus de 200° C. et jusqu'à 300° elle est plus forte que celle de l'oxyde de fer, qui est sans effet appréciable au-dessous de 250°. Cette différence peut s'expliquer par l'hypothèse que le cuivre décompose l'acide formique (momentanément produit par CO et H^2O) en CO^2 et H^2 à partir de 190°, tandis que l'oxyde de fer oxyde CO pour être ensuite réoxydé par H^2O sous sa forme réduite. Ces résultats illustrent l'action spécifique de deux types différents de catalysateurs qui produisent en fin de compte la même transformation, quoique par des mécanismes entièrement différents.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

31e ANNEE Nos 15-16 15-30 AOUT 1920

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences, de l'Académie de Médecine

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Auguste Righi. — L'éminent physicien italien est décédé à Bologne le 8 juin. Il y était né le 27 août 1850, et c'est dans cette ville qu'il avait accompli la plus grande partie de sa carrière, d'abord comme assistant de Physique à l'Université en 1871, puis comme professeur de la même branche à l'Institut technique en 1874, enfin comme professeur à l'Université depuis 1889, après un temps de passage à l'Université de Palerme de 1880 à 1888.

Les recherches de Righi ont porté surtout sur l'Optique et l'Electricité. Il est impossible de les résumer ici : les seuls titres de ses communications aux Sociétés savantes et de ses mémoires et notes dans les journaux scientifiques italiens, français et allemands rempliraient plusieurs colonnes de cette revue.

Contentons-nous de rappeler ses travaux sur la lumière polarisée, la vision stéréoscopique, sur les analogies du rayonnement lumineux et du rayonnement hertzien (c'est dans son laboratoire, et sous sa direction, que Marconi a fait ses premiers essais de t.s.f.), sur le phénomène de Hall dans le bismuth (qui le conduisirent à un procédé de mesure du champ magnétique), sur l'interprétation de l'expérience de Michelson et Morley, etc.

Mais ce sont ses expériences sur l'étincelle électrique et les phénomènes qu'elle présente sous l'influence du champ magnétique qui constituent son œuvre principale. Pour expliquer les variations des trajectoires parcourues par les particules électrisées, il a proposé sa théorie de la *magnéto-ionisation*, consistant à admettre que le champ magnétique favorise l'ionisation en tendant à donner aux molécules du gaz une orientation telle que la force électromagnétique agissant sur les électrons satellites des atomes est dirigée vers l'extérieur, ce qui a pour effet de diminuer l'énergie nécessaire à l'ionisation. L'observation des modifications de forme des trajectoires des particules électrisées dans un tube à décharge renfermant un moulinet à ailettes verticales l'a conduit d'autre part à sa théorie de la *rotation iono-magnétique*, qui, transportée dans le domaine de la conduction métallique, lui a permis d'expliquer d'une façon nouvelle le mécanisme des forces électromagnétiques tendant à repousser les conducteurs parcourus par un courant.

A. Righi était un grand ami de la France, dont il maniait fort bien la langue. Il a communiqué le résultat d'un grand nombre de ses recherches à l'Académie des Sciences de Paris, qui lui avait conféré il y a quelques années le titre de Correspondant.

§ 2. — Physique

Sur la possibilité de produire des images optiques de réseaux moléculaires. — Est-il possible de produire des images optiques d'objets de grandeur moléculaire, comme par exemple des réseaux moléculaires des cristaux ? Dans une communication récente à la Société suisse de Physique[1], M. M. Wolfke, de Zurich, croit pouvoir répondre par l'affirmative, en se basant sur ses recherches antérieures concernant la théorie des images optiques[2].

Sa méthode consiste à substituer à l'image intermédiaire (primaire) une photographie obtenue au moyen des rayons de Roentgen. Cette substitution se fait en vertu d'un nouveau théorème, dont l'auteur donne la démonstration : « L'image de diffraction (primaire) d'une image de diffraction (primaire) d'un objet quelconque, toutes les deux obtenues en lumière monochromatique parallèle, est identique à l'image propre (secondaire) de cet objet, pourvu qu'il ait une structure symétrique sans différences de phase prononcées » Ce résultat a été vérifié par l'expérience au moyen de plusieurs réseaux optiques différents.

Par cette méthode, les coordonnées de l'objet apparaissent comme agrandies dans le rapport λ/λ' des longueurs d'onde employées pour la production de la nouvelle et de la première images de diffraction. En utilisant pour produire la première image de diffraction de l'objet les

1. *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 5e pér., t. II, p. 254 ; mai-juin 1920.
2. *Ann. der Physik*, [4], t. XXXIX, p. 569 ; 1912.

rayons de Rœntgen, et pour produire la seconde (image propre de l'objet) la lumière ordinaire visible, on arrive par cette voie même à un agrandissement de l'image de 10.000. A l'aide de systèmes optiques convenables, on pourra porter l'agrandissement de l'image à quelques millions, ce qui, en principe, permet de voir les molécules dans les réseaux cristallins. Pour les rendre visibles selon ce procédé, il faudra toutefois utiliser des images de diffraction d'un seul plan cristallin obtenues au moyen de rayons de Rœntgen.

L'orientation des radiations des substances radioactives cristallisées. — Si l'on considère que les atomes, dans un cristal, sont répartis d'une façon régulière, on peut se demander si les axes des atomes sont, eux aussi, orientés régulièrement. Dans ce cas on peut présumer que les particules et les électrons, en quittant le système en rotation de l'atome radio-actif, sont lancés dans des directions déterminées ; il en résulterait des inégalités dans l'activité des différentes faces d'un cristal de substance radio-active.

M. Merton [1], d'Oxford, a publié l'année dernière des expériences sur ce sujet, qui semblent résoudre la question par la négative : les radiations des diverses faces d'un cristal de nitrate d'urane, mesurées par la méthode électrique, concordaient à 3 % près, ce qui rentre dans les erreurs d'expérience.

Dès 1914, M. E. Mühlestein avait entrepris à Neuchâtel, sur les conseils du Prof. A. Jaquerod, des expériences analogues, qui, entravées par diverses difficultés, ne sont pas encore terminées, mais qui, cependant, ont donné des résultats nettement différents des précédents [2].

L'auteur a employé deux méthodes. La mesure du courant d'ionisation, sur deux cristaux fraichement préparés appartenant au système clinorhombique, lui a donné les rapports 1 : 1,05 : 0,85 pour une face du prisme, de la base et du clinopinacoïde respectivement, la dernière étant une face de clivage. Puis il a compté les particules α émises par des portions égales de surface (environ 5 mm²) des trois faces mentionnées de l'un des cristaux. Le nombre des scintillations observées sur un champ visuel large de 2,6 mm., à la distance de 1,5 mm. de la surface rayonnante, était de 48, 53 et 33, respectivement, en 10 minutes, ce qui donnerait des rapports de 1 : 1,09 : 0,68. La différence des rapports obtenus par les deux méthodes provient peut-être du fait que la dernière élimine les effets d'autres radiations, provenant par exemple, de l'uranium X.

Ces résultats permettent dès maintenant de ne pas croire définitifs les résultats obtenus par M. Merton. De nouvelles expériences, en cours, par la méthode photographique, trancheront sans doute la question.

§ 3. — Chimie

La synthèse directe de l'ammoniaque, d'après les procédés de M. G. Claude. — L'azote, considéré longtemps comme le type du gaz inerte, a révélé aux chimistes, en ces dernières années, une richesse étonnante d'affinités. Toutes sortes de procédés existent et ont été utilisés pour le fixer [3]. On sait quelle avance énorme, et qu'on pouvait croire décisive, l'Allemagne a prise dans cette question vitale, avec le procédé Haber [4]. Mais l'industrie française est à la veille de prendre sa revanche, grâce aux procédés nouveaux dus à M. Georges Claude et que ce savant vient de décrire en détail dans une conférence prononcée devant la Société chimique et la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, le 18 juin dernier.

En effet, M. G. Claude a signalé en 1917 une particularité capable de faire pencher la balance, d'une façon sans doute décisive, en faveur de ceux de ces procédés basés sur la *synthèse directe de l'ammoniaque*. Cette particularité, c'est que l'ammoniaque devant, pour les usages agricoles, être transformée en un sel solide, il est cependant irrationnel d'employer pour ce faire de l'acide sulfurique coûteux, alors qu'on peut y employer le *chlore* du sel marin, perdu en immenses quantités dans l'industrie de la soude Solvay. Ainsi, l'engrais azoté de l'avenir sera le chlorure, et non pas le sulfate, et alors, pour chaque kilogramme d'azote fixé, on produira en même temps, en quelque sorte comme sous-produit gratuit, plus de 3 tonnes de carbonate de soude. Devant l'importance économique énorme de cet argument, c'est vers la synthèse de l'ammoniaque que M. Claude a dirigé ses efforts.

On sait quelles conditions toutes spéciales président à cette synthèse. L'affinité de N et de H est assez grande, mais elle est empêchée de s'exercer par des actions que l'on assimile aujourd'hui à des frottements ; et les efforts des chimistes sont restés vains, jusqu'au jour où on a fait agir sur ces gaz des *catalyseurs*, qui paraissent agir comme des lubrifiants pour atténuer ces frottements spéciaux qui paralysent l'action chimique.

En s'adressant au *fer*, dont notre illustre Tellier signalait, dès 1867, l'affinité pour l'azote, Ramsay, Young, Perman, de 1894 à 1904, réalisèrent d'une façon indiscutable l'union de H et de N à une température voisine du rouge. Mais ce sont seulement des traces d'ammoniaque qui sont formées, et rien d'industriellement utilisable n'a été réalisé, quand, en 1905, Haber, puis Nernst, s'attaquèrent à la question. Mettant à profit la loi de Le Chatelier, d'après laquelle, l'ammoniaque se formant avec réduction de volume, sa formation doit être favorisée grandement par la pression, Nernst réalise le premier un appareil fonctionnant sous une pression de 50 à 75 atmosphères, et vérifie pleinement l'influence de la pression. Mais les rendements sont encore très faibles, par suite sans doute de l'état du catalyseur (le fer) qu'il emploie. Haber, avec le concours de la « Badische Anilin und Soda Fabrik », améliore le procédé par l'addition d'activeurs au catalyseur, l'emploi d'une pression de 200 atmosphères, l'extraction de l'ammoniaque par injection d'eau sous pression, la fabrication de l'hydrogène par catalyse du gaz à l'eau, etc., et comme couronnement de ses longues études s'édifie, vers 1912 à Oppau, près de Ludwigshafen, une vaste usine, née juste à point pour fournir à l'Allemagne, coupée par le blocus du reste du monde, tout l'azote nécessaire à la fabrication de ses explosifs.

C'est dans une voie toute différente, celle des très hautes pressions, que M. G. Claude s'est engagé. Mais l'emploi de pressions pouvant atteindre 1.000 atmosphères ayant effrayé jusqu'ici tous ceux qui auraient pu penser à les utiliser, il s'agissait d'abord de montrer que ces craintes ne sont pas fondées. La difficulté, en effet, n'est pas le danger ; on peut toujours mettre assez de métal pour que les appareils résistent avec sécurité. La seule difficulté réelle, c'est l'*étanchéité* ; or, qu'on opère à 100 ou à 1.000 atm., c'est toujours l'étanchéité *absolue* qu'il faut réaliser et, dans ces conditions, le joint à 1.000 atm. est plutôt plus facile à obtenir que le joint à 100 atm., pour cette raison très simple qu'à égalité de gaz traités, il est bien plus petit. D'autre part, l'organe essentiel des compresseurs au point de vue de l'étanchéité, le cuir embouti, fonctionne d'autant mieux, de par son principe même, que la pression est plus élevée.

Quant à la perméabilité, si souvent admise, des gaz comme l'hydrogène à travers des parois de métal sain, sous l'action des pressions très élevées, les essais de M. Claude montrent bien que c'est une légende, dont il convient de faire justice.

Il ne doit donc y avoir aucune difficulté insurmontable à réaliser les hyperpressions, et l'expérience l'a confirmé : dès 1917, M. G. Claude a pu réaliser un petit *hypercompresseur*, que constituait un simple petit

1. *Philosoph. Magazine*, octobre 1919.
2. *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 5e pér., t. II, p. 240 ; mai-juin 1920.
3. *Rev. gén. des Sc.*, t. XVII, p. 28 ; t. XXII, p. 863 et 908 ; t. XXVIII, p. 6 et 50.
4. *Rev. gén. des Sc.*, t. XXI, p. 539.

piston plongeur pénétrant à travers un cuir embouti dans un cylindre épais. Il a fait construire, depuis, des appareils plus gros, comprimant jusqu'à 100 m³ à l'heure du mélange $N + H^3$ à la pression de 1.000 atm., et d'un fonctionnement absolument simple et régulier.

Quels sont les avantages de ces très hautes pressions? Dans le cas qui nous occupe, ils ne sont pas évidents.

Puisque, en effet, Haber obtient la combinaison pratiquement complète de ces gaz à 200 atm., pourquoi monter jusqu'à 1.000 atm., au prix d'un travail nécessairement plus grand?

Mais, d'abord, le supplément n'est pas si grand qu'on pourrait le croire. On sait que le travail de compression ne croît que comme le logarithme de la pression. Donc, s'il en coûte 2,3 de comprimer à 200 atm., il n'en coûte que 3 d'aller jusqu'à 1.000. Si des avantages importants résultent de ce léger supplément, il sera donc aisément racheté. La première chose pour qu'il en soit ainsi, c'est que l'équilibre chimique soit fortement amélioré. Or, tel est bien le cas. Alors que, sous les pressions comprises entre 1 et 200 atm., les conditions de l'équilibre sont définies par le tableau I, établi par Haber,

TABLEAU I. — *Proportions d'NH^3 à l'équilibre*

	550°	650°	750°	850°	950°
1 atm.	0,077 o/o	0,032 o/o	0,016 o/o	0,009 o/o	0,0055 o/o
100 —	6,70	3,02	1,54	0,874	0,542
200 —	11,90	5,71	3,00	1,68	1,07

quand on pousse jusqu'à 1.000 atmosphères ces conditions sont modifiées comme le montre la figure 1.

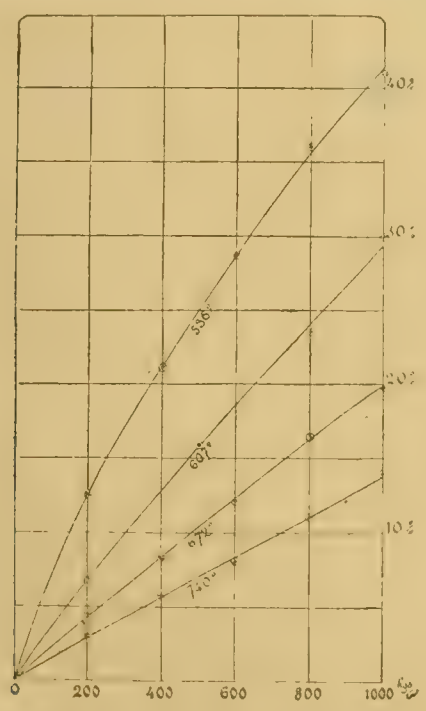


Fig. 1. — *Isothermes d'équilibre du mélange* $Az^2 + 3H^2$. — En abscisses, pression en kg. par cm²; en ordonnées, teneurs en °/₀ d'ammoniac dans le mélange.

On voit que les courbes d'équilibre sont pour ainsi dire des droites, montrant que l'avantage de la pression se tient presque proportionnel jusqu'aux parages des 1.000 atm. Alors qu'aux pressions employées en Allemagne on est limité à des teneurs inférieures à 13 °/₀, on obtient à 1.000 atm. plus de 40 °/₀, correspondant à des facteurs de combinaison de 60 °/₀. Cependant, les températures utilisables sont peu modifiées (450-700°), et l'emploi d'un catalyseur reste indispensable.

Pratiquement, avec un débit de 100 m³ par litre d'espace catalyseur et par heure, on peut atteindre une teneur en NH^3 de 25 °/₀ contre 6 °/₀, correspondant à une production de 6 gr. au lieu de 0,5 par gramme de catalyseur et par heure.

Alors que dans le procédé allemand on ne peut obtenir la combinaison pratique des gaz qu'en les faisant repasser *un très grand nombre de fois* sur le catalyseur, au prix d'une recompression coûteuse et en éliminant *chaque fois* NH^3 formée grâce à une *injection d'eau sous pression*, il suffit, dans le procédé Claude, de faire passer les gaz, une fois comprimés, successivement sur trois ou 4 appareils *en série*, et la pression propre de l'ammoniaque formée est si grande (250 atm. au lieu de 12) que l'ammoniaque est liquéfiée après chaque passage par simple circulation dans un serpentin immergé dans l'eau.

On obtient donc dans le procédé Claude de l'ammoniaque *liquéfiée* au lieu d'une solution ammoniacale dont il faut bien souvent extraire NH^3 par distillation, et c'est encore là un gros avantage.

D'autre part, on le conçoit, des canalisations infiniment réduites suffisent à véhiculer les gaz comprimés sous d'aussi énormes pressions et le volume interne des appareils est réduit dans une mesure analogue. Et comme, dans ce volume si réduit, une proportion bien plus grande de gaz se combine, la chaleur dégagée par la réaction devient formidable, 25 à 50 fois plus grande par unité de volume!

Ainsi, alors que dans la méthode allemande on est plutôt gêné par l'insuffisance de chaleur, due à une réaction très limitée, alors qu'on s'ingénie à y parer grâce à des calorifugeages, à des échangeurs de température très efficaces, alors enfin que la chaleur de réaction n'arrive à se suffire à elle-même que dans des appareils très gros, on est aux prises, dans la méthode de Claude, tout juste avec les difficultés *inverses* : il faut s'accommoder du dégagement de chaleur énorme sans compromettre la solidité des appareils, ni l'efficacité de la matière catalysante, ni les conditions de l'équilibre : ce sont ainsi des conditions toutes nouvelles que pose le flot de chaleur qui se dégage, et des solutions très spéciales ont dû être envisagées pour y faire face. Par contre, il devient parfaitement inutile, pour atteindre l'auto-réaction, d'arriver aux appareils mastodontes de l'industrie allemande. Cette auto-réaction est atteinte sans effort par des installations ne traitant pas plus de 20 m³ du mélange par heure.

Outre que ceci constitue une première et convaincante justification de l'utilité des hyperpressions, il résulte de cette facilité de l'autoréaction un autre avantage plus important encore. Grâce à elle, rien de plus facile que de réaliser la synthèse d'NH^3 avec des appareils *aussi petits* qu'on veut. Donc, au lieu d'être limité à des usines puissantes, où l'hydrogène doit être produit spécialement pour les besoins de la cause, dans des appareils coûteux et à un prix nécessairement élevé, il devient possible de s'installer partout où ce gaz peut être produit à bon compte, même en petites quantités, par exemple par l'électrolyse de l'eau, ou mieux encore comme *sous-produit*.

C'est évidemment là un point capital. En effet, il ne faut pas oublier que la fixation de l'azote, pour 1 partie d'azote peu coûteux, nécessite 3 parties d'hydrogène coûteux, en sorte que ce problème de l'azote est en réalité un problème *d'hydrogène*. Si, grâce aux hyperpressions, il devient possible de se libérer des grandes usines spéciales et de s'accommoder de H obtenu comme sous-produit dans certaines industries, il est certain que les conditions économiques du problème en seront bouleversées.

A cet égard, M. G. Claude a combiné une méthode, non encore tout à fait au point, qui doit lui permettre d'extraire l'hydrogène de tout mélange gazeux qui en renferme une proportion importante. Si ces espérances sont justifiées, il deviendrait possible d'installer la synthèse de l'ammoniaque au voisinage des *fours à coke*, où

des quantités immenses de gaz sont actuellement perdues ou mal utilisées.

Ainsi, d'après ces suggestions si nouvelles et si distantes de celles des ingénieurs allemands, l'ammoniaque deviendrait dans un avenir prochain un sous-produit très important de la métallurgie; et comme la soude elle-même sera, d'après ce qui précède, un sous-produit de l'ammoniaque, on voit quelle liaison susceptible de conséquences gigantesques va pouvoir s'établir, grâce aux hyperpressions, entre trois des branches les plus formidables de l'activité humaine.

§ 4. — Biologie

Une nouvelle théorie de la myrmécophilie. — M. R. Chodat, au cours du voyage qu'il a fait au Paraguay en 1914, a récolté dans ce pays des plantes myrmécophiles, à tous les stades de développement[1], dont l'étude l'a amené à formuler, avec M. L. Carisso, une nouvelle théorie de la myrmécophilie.

Pour divers auteurs, les fourmis sont la cause directe ou indirecte des morphoses végétales qui servent d'habitation à ces insectes. Schumann[2] pense que les renflements connus sous le nom de « chambres à fourmis », « sacs à fourmis », se forment spontanément, de même que Beccari, qui y voit une sorte d'adaptation héréditaire. Mez[3] les considère comme des morphoses induites par la présence de fourmis sur les organes jeunes. Spruce, Buscalioni[4] et Huber croient que ces morphoses sont dues à la présence de fourmis qui se réfugient sur les plantes pour échapper aux inondations.

Les auteurs ont étudié le genre *Cordia* (Borraginée) et l'*Acacia cavena*. Dans le *C. glabrata* A.D.C. du Paraguay, l'origine de la chambre est due à une piqûre d'insecte, à la base de la jeune pousse. On trouve là un œuf ou une ou plusieurs larves qui, se développant dans la moelle, produisent une excitation, suivie de l'apparition d'un méristème périmédullaire, qui donne naissance à un anneau centrifuge de suber médullaire, progressivement éliminé, et à un phelloderme centripète, peu à peu sclérifié, qui finit, en se dilatant, par tapisser la cavité dans laquelle se développent les larves. Pendant ce temps, l'anneau libéro-ligneux s'agrandit, par un tissu de dilatation. Il en est de même dans le *C. longituba*, où la vésicule est pyriforme ou fusiforme, et dans les autres espèces de la section *Gerascanthus* (*C. Gerascanthus* Jacq., *C. Gerascanthoïdes* H.B.K., *C. alliodora* (Ruiz et Pav.) Cham.). Ici l'infection se fait par la base de l'inflorescence ou l'insertion d'une de ses ramifications principales.

Le Dr Ch. Ferrière a déterminé l'insecte qui résulte du développement de ces larves; c'est un genre voisin d'*Eurytoma*, Chalcidien du groupe des « Eurytominæ ». L'Hyménoptère adulte perce la paroi de la chambre, et permet ainsi l'arrivée des fourmis. Ces dernières, que M. le Prof. Forel a déterminées comme appartenant aux genres *Pseudomyrma* et *Azteca*, se trouvent dans les chambres des espèces suivantes : *C. longituba* Chod. et Visch., *C. Hassleriana* Chod., du Paraguay, *C. nodosa*, *C. Gerascanthus* et autres espèces de l'Amazonie, du Pérou, de la Bolivie.

Il y a dans ces formicaires des constructions coralloïdes ou en lamelles, de la consistance du carton, déjà signalées par Beccari[5] (jardins de fourmis ou nids pour larves?). Elles sont bâties de matériaux empruntés aux espèces considérées : pollen, débris de fleurs et de feuilles, poils. Donc ces fourmis ne sont pas, comme le veulent Müller et Schimper, protectrices contre les attaques des fourmis découpeuses, étant découpeuses elles-mêmes. Ruiz et Pavon[1] avaient déjà signalé les dégâts causés par les fourmis du *C. alliodora*.

Les auteurs ont encore constaté les mêmes phénomènes dans l'hypertrophie des stipules de l'*Acacia cavena* Hook. et Arn. récolté par R. Chodat sur les bords du Rio Paraguay. Cette hypertrophie n'est donc pas due, comme le pensait Fiebrig[2], à une influence atmosphérique. C'est encore une galle, causée par la piqûre d'un insecte, et habitée ensuite par les fourmis. Il doit en être de même pour les formicaires des autres plantes myrmécophiles, quand ils se présentent comme des renflements.

Quelques observations nouvelles sur le rapport des sexes chez les enfants issus de parents d'origines diverses. — M. C. C. Little a eu l'occasion d'examiner les statistiques des naissances à la Maternité Sloane de New-York et de tirer quelques conclusions intéressantes sur le rapport des sexes suivant l'origine des parents[3]. Le Tableau I résume une partie de ses observations; les termes employés y ont la signification suivante :

Européens purs : parents européens de même nationalité;

Européens hybrides : parents européens de nationalités différentes;

Américains blancs : parents de race blanche provenant de toutes les parties des Etats-Unis, mais surtout de l'Est;

Noirs des I. O. anglaises : parents noirs nés dans les Indes occidentales anglaises;

Américains noirs : parents noirs provenant de toutes les parties des Etats-Unis.

TABLEAU I

Parents	Garçons	Filles	Rapport des sexes
Européens purs	2.807	2.689	104,54 ± 0,97
— hybrides	677	551	122,86 ± 2,14
Américains blancs	994	840	118,33 ± 1,71
Noirs des I. O. anglaises	667	618	107,92 ± 2,65
Américains noirs	695	723	96,12 ± 1,76

En somme, les mariages entre Européens de nationalités différentes donnent un *excès de garçons* très marqué sur les mariages entre Européens de même nationalité. Par contre, les mariages entre noirs de souches mélangées (c'est le cas de la population de couleur des Etats-Unis) donnent un *excès de filles* très net sur les mariages entre noirs de race relativement pure (comme c'est le cas pour les nègres des Antilles).

Le rapport des sexes est à peu près le même pour les naissances provenant d'Européens hybrides et d'Américains blancs, ce qui est bien d'accord avec l'origine très mélangée de la population blanche des Etats-Unis.

Une autre observation curieuse de M. Little concerne le rapport des sexes pour le premier enfant de chaque mariage. Dans les unions entre Européens de même nationalité, le rapport des sexes pour le premier enfant est de 115,51 ± 1,5 (excès très net de garçons), tandis qu'il tombe à 97,33 ± 1,18 pour les naissances suivantes. Dans les unions entre noirs de souche relativement pure, c'est le contraire qui se produit : le rapport passe de 103,64 ± 2,75 pour la première naissance à 112,02 ± 2,76 pour les suivantes. Dans les unions « hybrides », on n'observe aucune différence de ce genre entre les rapports des sexes pour la première naissance et pour les naissances subséquentes.

1. *Arch. des Sc. phys. et nat.*, t. XXXVII, n° 1, Suppl., p. 9; janv.-mars 1920.
2. SCHUMANN : Einige neue Ameisenpflanzen. *Prings. Jahrb.* (1888), p. 382.
3. MEZ : Morpholog. u. anatom. Studien über die Grüppe der *Cordicae*, in *Engl. Jahrb.*, t. XII (1890).
4. BUSCALIONI et HUBER : Eine neue Theorie des Ameisenpflanzen. *Biolog. C. B.*, t. IX, p. 529; 1900.
5. BECCARI : *Malesia*, t. II, p. 282 (fig. 17); 1886.

1. *Flor. peruviana et chil.* 47.
2. FIEBRIG : *Cecropia peltata*, in *Biolog. C. B.* (1909), p. 1.
3. *Proc. of the Nat. Acad. of Sc. of the U. S. of America*, t. VI, n° 5, p. 250; mai 1920.

LES RELATIONS ENTRE LA SCIENCE ET L'INDUSTRIE ET LES SOCIÉTÉS DE PERFECTIONNEMENTS INDUSTRIELS

Pendant la Guerre, tous les savants et tous les ingénieurs ont réfléchi longuement sur les relations qui existent, ou qui doivent exister, entre la Science pure et ses applications industrielles. Cette question intéresse tous ceux qui veulent voir bientôt la France restaurée, puissante par son industrie et son agriculture — autant qu'elle a été généreuse, forte, grande, sous les armes !

Cet avenir dépend, en partie, des relations qui s'établiront, dans notre pays, entre le savant et l'ingénieur, des *moyens* que la Science fournira à l'Industrie, et que l'Industrie demandera à la Science.

Je voudrais montrer l'importance que peut avoir, à cette heure, un grand centre d'études scientifiques faites en vue de l'application...

Tout d'abord, que fait le savant, que fait l'ingénieur ? Comment doivent-ils collaborer ?

On parle souvent, d'une manière superficielle, de l'opposition entre la théorie et la pratique, des conflits entre le savant et l'ingénieur. La question est, parfois, si mal posée qu'il ne faut pas craindre de la poser une fois de plus.

Que fait la Science pure ?

Elle ausculte la nature, et ensuite elle édifie une *Philosophie naturelle*, synthèse des faits et des idées reçues, tendant à ramener la variété des phénomènes à l'unité.

La Mathématique est une des colonnes fondamentales de cet édifice de Philosophie naturelle pour deux raisons bien simples et évidentes. D'abord, d'une formule mathématique bien fondée, on déduit rationnellement tout un monde par un jeu qui n'est pas très facile à jouer, mais qui est sûr. D'autre part, la langue mathématique n'a pas son équivalent pour rendre la pensée d'un homme exactement comparable à la pensée d'un autre homme. Ici, les malentendus sont impossibles, entre esprits justes, parce que les idées nuageuses sont proscrites.

D'ailleurs, actuellement, les sciences ne se prêtent pas toutes à l'emploi du symbolisme mathématique, et nul ne saurait prédire exactement l'avenir à ce sujet.

Et il faut affirmer que le culte de la forme mathématique ne doit jamais dégénérer en superstition.

Cet égarement n'est certes pas à craindre chez un vrai savant, chez un véritable maître qui a nécessairement l'esprit juste.

Cependant, il existe un danger réel d'emploi abusif des Mathématiques, que chacun a pu constater : n'avons-nous pas tous vu des ingénieurs qui s'acharnent à pousser, avec un soin méticuleux, leurs calculs numériques jusqu'à la 14e décimale, alors qu'ils ne connaissent même pas la précision de leurs données expérimentales et le degré d'approximation des doctrines dont ils font usage ?

Que pouvons-nous attendre, par exemple, d'une analyse mathématique se rapportant aux problèmes balistiques, si nous ne connaissons pas sérieusement la loi de résistance de l'air en fonction de l'altitude et en fonction des dimensions, de la forme, de la vitesse, de la température du projectile ?

Il est évident, pour tout homme de bon sens, qu'un travail expérimental de haute précision sur la résistance de l'air, sur la vitesse initiale à la sortie du canon, qu'un procédé méthodique de repérage ou de photographie des trajectoires des obus vaut infiniment plus qu'une analyse mathématique où figurent des coefficients qui n'ont *pas* été mesurés ou qui ont été *mal* déterminés !

Quand l'expérience n'a pas joué à fond, une formule mathématique ne saurait être qu'une forme vide, un vêtement posé sur un mannequin, et non le vêtement d'un être réel. Pour la Philosophie naturelle, sa valeur est nulle.

Par contre, quand toutes les expérimentations auront été faites, ce serait alors se mutiler volontairement que de proscrire l'analyse mathématique, qui nous donnera une traduction de l'expérience, une image possédant une immense puissance de rendement.

Et, en effet, synthétiser, unifier, clarifier, c'est réaliser une forte économie de travail intellectuel. Rien n'unifie comme la forme mathématique, mais aussi rien ne dispense de la donnée expérimentale précise. Il serait un peu ridicule d'insister, mais ici, comme ailleurs, les hommes commettent souvent cette faute de transformer, plus ou moins sciemment, un *moyen* en une *fin*. Or, dans la Philosophie naturelle, la forme algébrique n'est qu'un moyen, un instrument merveilleux, au service de l'*expérience*.

Quelle que soit son orientation, que le savant étudie le rythme des symboles mathématiques, ou les évolutions de la matière, ou les palpitations des êtres vivants, il aura toujours en vue ces buts essentiels : *Unité*, *Simplicité*, *Généralité*, et

toujours le savant fait son œuvre dans une direction constante de *désintéressement*.

Assailli par des sphynx géants qui le prennent à la gorge, le savant doit se désintéresser du *temps*, en ce sens que, si des difficultés insurmontables arrêtent l'élan de sa conception ou de son expérimentation, il remettra pieusement aux générations suivantes le soin d'aller plus avant, lorsque de meilleurs outils intellectuels et matériels auront pu être forgés.

En raison de la haute importance de sa tâche, le savant doit savoir marcher lentement. De même il saura, s'il le faut, se désintéresser de l'*application immédiate*.

Je ne dis pas que la Science, systématiquement, n'aura cure de l'application, parce qu'en vérité l'application est, dans un avenir plus ou moins prochain, comme un pôle d'attraction vers lequel converge le labeur d'ensemble de la science : sans cela, l'humanité ne serait-elle pas follement déséquilibrée ?

Et, fort heureusement, nous n'en sommes pas là !

Mais aussi, le savant a conscience qu'il travaille pour l'honneur de l'esprit humain, autant que pour les réalisations immédiates.

En présence des grandes synthèses de l'Analyse mathématique ou de la Physique, on a l'impression que l'effort du savant est celui de l'« esprit humain » se mirant, comme en un miroir, pour se connaître, pour se renseigner sur sa puissance propre. A ce moment, dans la personne du savant dont le « moi » s'anéantit, en raison du caractère sacré de sa mission, il semble que l'Humanité mesure son pouvoir de conception et d'expérimentation, et alors tout souci d'application a disparu !

La Physique mathématique et la Mécanique céleste ne sont certes pas toute la Philosophie naturelle.

Dans les autres disciplines scientifiques, lorsque, par exemple, un physicien veut ramener à une conception unique deux faits très dissemblables ; quand un chimiste veut savoir si tel corps, réputé simple, n'est pas un corps composé ; quand il heurte les idées reçues pour tenter de dessiner une harmonie supérieure en laquelle des discordances disparaissent et des accords nouveaux apparaissent, à ce moment, le savant néglige l'application parce qu'il est difficile de bien faire, simultanément, deux choses différentes, ou bien parce qu'on ne peut appliquer qu'une théorie très mûre.

Ou bien encore, il arrive que le savant néglige l'application parce que son talent, sa tendance interne et profonde de *créateur* le poussent, après une découverte, vers une œuvre nouvelle de création plutôt que vers une exploitation complète de sa découverte antérieure.

C'est ainsi, c'est dans ce sens que la Science est désintéressée, ou, plus exactement, qu'elle a une orientation générale de « spéculation », de « contemplation », qui est voulue et nécessaire.

Le savant se méfiera donc, instinctivement, de l'utilitarisme grossier qui couperait les ailes de la Science et qui finirait, un beau jour, par ruiner les intérêts les plus immédiats de la pratique ; mais il n'y a certainement aucune *opposition* foncière entre la Science pure et la Science industrielle.

Qu'est la Science, en somme, sinon la méthode, la précision, l'étude de tous les facteurs qui interviennent dans un phénomène ou dans une fabrication, le dosage exact de l'importance relative de chacun de ces facteurs ?

Eh bien ! où et comment ces principes, la passion du vrai, l'horreur des notions vagues, pourraient-ils nuire quand il s'agit d'applications industrielles ?

Cependant il y a certainement, dans les tendances esthétiques, désintéressées, spéculatives ou généralisatrices du savant, quelque chose qui effraie parfois l'ingénieur.

L'ingénieur peut n'avoir à sa disposition que des matériaux imparfaits, un personnel sans culture, et il faut agir, obtenir assez rapidement des *réalisations* à grand rendement, adaptées au milieu, aux circonstances économiques, commerciales, etc.

La tâche de l'ingénieur n'étant pas identique à celle du savant, leurs conceptions ne seront pas toutes pareilles. Et même, à certains moments, l'ingénieur et le savant se tourneront le dos parce que, dans certaines circonstances, le *but essentiel* de l'un sera un but tout à fait *secondaire* de l'autre.

Parce que le savant et l'ingénieur doivent connaître les lois naturelles, pour s'y soumettre et pour s'en servir, souvent ils marcheront parallèlement. Mais parce que leurs élans n'ont pas, à tout instant, une simultanéité parfaite, il a fallu créer, à côté de la Science pure, la Science de l'ingénieur.

Ce n'est pas à dire qu'il y ait deux sciences ; mais *telle orientation* de la Science théorique intéresse l'ingénieur, telle autre ne le touche pas. Tel chapitre, que le savant réduirait presque à rien, comportera pour l'ingénieur des développements immenses.

Prenons un exemple. La théorie de l'Elasticité est une Science fort difficile, qui pose des problèmes mathématiques, aujourd'hui insolubles, qui pose également des questions à élucider au

Laboratoire. L'ingénieur, qui est chargé de construire un pont, n'a pas le temps d'attendre que la Science de l'Elasticité soit mise au point et il se sert d'une doctrine plus rudimentaire : la « Résistance des matériaux ». L'ingénieur emploie, d'autant plus volontiers, cette théorie simpliste, qu'on ne sait pas grand'chose sur les effets du vent, par exemple, ou sur les vibrations produites par le passage du train sur le pont, etc. En conséquence, une formule grossière suffit, actuellement. Qu'arriverait-il si, d'aventure, quelque savant apprenait à l'ingénieur à mieux mesurer, à mieux prévoir la répartition des forces dans toutes les pièces du pont, ou bien si le métal devenait meilleur, et plus sûr, la Métallurgie ayant fait un bond en avant, par un usage plus nuancé des hautes températures, des dosages chimiques, des trempes et des recuits ? Ce jour-là, un ingénieur systématiquement routinier, empiriste, risquerait d'être dépassé, submergé ! Il faut que l'ingénieur connaisse le rapport de sa formule, de sa méthode, à la formule, à la méthode du savant, afin qu'il puisse, le cas échéant, s'adapter aux évolutions nécessaires.

Il n'existe pas *deux sciences* opposées, contradictoires, celle du théoricien et celle du praticien ; mais il existe plusieurs manières d'utiliser les connaissances acquises.

L'esprit humain est ainsi fait que nous avançons toujours vers notre but par des approximations successives. Le savant recherche une approximation de plus en plus parfaite.

L'ingénieur n'a pas toujours besoin de la même approximation que le savant. L'ingénieur n'a pas la même curiosité, esthétique et désintéressée, que le savant ; il est dominé par des préoccupations de rendement commercial, dont le savant n'a cure. Il y a divergence d'orientation, mais non point contradiction ; il n'y a pas deux sciences, mais le savant et l'ingénieur ne s'intéressent pas toujours aux mêmes questions et, pour une question déterminée, l'un peut se contenter d'un schéma, alors que l'autre veut tout le détail.

Il n'y a là aucune essentielle contradiction.

Bien certainement, la Science en évolution, non fixée, qui passionne légitimement le théoricien, ne saurait être prise en considération par l'ingénieur, en tant qu'ingénieur.

Mais l'ingénieur, tout comme le savant, a besoin d'une *méthode* et il ne peut, sans danger, se réfugier dans l'*empirisme*. Evitant toute discussion philosophique, j'entends simplement par ce mot « empirisme » l'absence d'une méthode, l'emploi de petites recettes hasardeuses, l'imitation paresseuse et sans critique, l'analogie vague tenant lieu de loi — tandis que la méthode c'est l'étude exacte et attentive ; c'est l'emploi rationnel des théories dont la valeur est éprouvée par l'expérience et par la critique ; c'est, quand il le faudra, l'élaboration d'une technique nouvelle, si elle est reconnue indispensable.

L'instruction, la méthode sont nécessaires à l'ingénieur, aujourd'hui plus que jamais. La Guerre, qui nous a révélé les valeurs morales exactes des hommes, nous a aussi montré les *valeurs vraies* des choses et des activités humaines. Que voyons-nous, présentement ? Tout manque : *main-d'œuvre, matières premières ;* notre jeune élite intellectuelle est moins nombreuse, hélas !

En conséquence, il est strictement nécessaire de ne rien abandonner au hasard, dans notre Industrie, et de régler parfaitement toutes nos fabrications.

L'avenir de la France l'exige !

Perfectionner les fabrications, leur assurer une régularité plus grande, c'est obtenir un meilleur *rendement industriel ;* ce n'est pas un *luxe intellectuel !*

Et, au contraire, se fier à la routine et au hasard, c'est courir le risque d'un gaspillage de matière première et de main-d'œuvre ; c'est aller délibérément, peut-être, à une catastrophe financière.

L'ingénieur doit donc, autant que possible, conserver le contact avec la Science. Il doit savoir prendre et laisser dans le domaine scientifique. Et ceci exige beaucoup de jugement, de tact, de doigté. Il faut savoir choisir, et un choix ne se laisse jamais déterminer par une formule brutale.

La science de l'ingénieur n'est pas plus facile à pratiquer que la science du savant, car, si la Science pure exige, peut-être, plus de tension d'esprit, un effort intellectuel plus violent, mais dans une direction fixe, par contre la technique industrielle demande un esprit délié, fin, s'adaptant en même temps à des points de vue divergents, faisant à chaque instant un judicieux équilibre d'avantages et d'inconvénients solidaires. Ceci exige, non seulement un jugement pondéré et sain, mais encore une riche expérience. Il faut aller à l'atelier, sur le chantier, pour saisir la vraie valeur de la science de l'ingénieur. Sur place, devant la machine qui transporte son fardeau, devant l'arbre ou le volant qui tourne, on prendra conscience des précautions qui s'imposent, plus ou moins, dans l'interprétation de la doctrine du livre. Devant le fait réel, on saisira la portée véritable des hypothèses qui sont l'essence de toute théorie.

Mais, dépourvu d'une méthode, l'ingénieur, dans

son atelier, restera éternellement un contremaître, parce qu'il n'aura aucune idée directrice, au milieu d'un dédale de données plus ou moins contradictoires.

Bien au contraire, muni d'une méthode, c'est-à-dire d'une orientation ferme, l'ingénieur pourra voir clair, parce que son esprit sera capable de grouper des faits épars. Et, en voyant agir le contremaître, il discernera rapidement que telle routine a une raison d'être, quoique cette raison soit ignorée de celui qui s'en sert d'instinct : donc, cette routine c'est de la science !

Au contraire, le technicien instruit saura discerner que telle autre routine n'est que routine, et par suite qu'elle mérite d'être pourchassée le jour où l'occasion se présentera...

Il est indispensable que le praticien ne s'abandonne pas délibérément, irrémédiablement à l'empirisme, lorsqu'il existe, en ce qui le concerne, un chapitre « praticable » dans la Science. Et s'il advient, ce qui est souhaitable, que l'homme de science soit le « conseiller technique » de l'Industrie, il faut que les savants aient l'esprit assez juste pour ne jamais vouloir gaver les ingénieurs d'aliments inutiles, de notions actuellement dépourvues d'opportunité !

Si chacun fait bien ce qu'il a à faire, les théoriciens ne fourniront pas de nouveaux prétextes de paresse à l'empiriste indolent.

Entre savant et l'ingénieur, le *malentendu*, s'il se produit, ne doit pas durer longtemps, s'il y a, de part et d'autre, du jugement, du bon sens, de la bonne volonté, et surtout n'ayons aucun parti pris !

Un illustre savant anglais contemporain, William Thomson, Lord Kelvin[1], a été la preuve vivante de la possibilité d'une entente cordiale entre Science et Industrie. Homme de pensée et homme d'action, il dirigeait avec compétence ses ateliers, en même temps qu'il accumulait les découvertes dans son laboratoire de physique.

Si les disciples de Kelvin ne sont pas assez nombreux, c'est que nous sommes trop portés à l'*exclusivisme*.

Peut-être l'homme n'est-il vraiment grand que lorsqu'il sait réaliser, dans sa personne, un harmonieux équilibre de tendances diverses, un habile dosage de forces contraires ? Et cette harmonie puissante, il ne faut pas chercher à la créer en matant chacune de nos énergies, ce qui mène à la médiocrité, mais en exaltant toutes nos puissances et, en même temps, en calculant exactement l'emploi de chacune d'elles.

1. *Notice historique sur Lord Kelvin*, lue dans la séance publique de l'Institut de France, le 22 déc. 1919, par M. Emile Picard, secrétaire perpétuel.

*
* *

Il y a cependant des obstacles réels, des barricades, entre la Science et l'Industrie, qui ne sont pas dressées exclusivement par les défauts inhérents à l'homme, par les déformations mentales inhérentes à la profession.

Fréquemment l'ingénieur, quelle que soit sa bonne volonté, n'a pas le temps de s'occuper ni de Science pure, ni de Science industrielle.

Il arrive assez rarement qu'un ingénieur puisse se préoccuper exclusivement des questions techniques, car il est aussi un conducteur d'hommes et, d'autre part, la situation économique pèse toujours, de tout son poids, sur toute fabrication.

Il est difficile, même pour l'ingénieur cultivé, dont la jeunesse a été très vigoureusement instruite, de suivre de près tous les progrès scientifiques, et, d'autre part, de plus en plus, les diverses Techniques deviennent parfois solidaires.

Nous voici donc dans une impasse !

Nous avons constaté qu'il serait possible de faire, de certains savants, les conseillers techniques de l'Industrie.

Nous sommes certains que, plus que jamais, l'ingénieur devrait s'inspirer de la Science. Mais nous sommes acculés à cette constatation qu'il n'est pas facile, pour l'ingénieur, de rester en contact intime et permanent avec la recherche scientifique.

La conclusion évidente est que nous devons posséder des « agents de liaison » permanents entre le Laboratoire et l'Usine.

Les Allemands avaient, bien avant la Guerre, mis la Science au service de l'Industrie. La Badische Anilin und Soda Fabrik n'avait-elle pas un Laboratoire de recherches comprenant 150 spécialistes, munis d'une bibliothèque de 15.000 volumes, avec la collection complète de 500 revues périodiques ?

Aux États-Unis, depuis plusieurs années, la National Electric Lamp Association possède, non seulement des Laboratoires d'études, mais encore un organisme spécial consacré aux « recherches générales ».

Une grande compagnie américaine, la General Electric Company, possède un institut de recherches, comprenant 150 hommes de science, dont les travaux, loin de rester mystérieux, sont publiés par une revue, la *General Electric Review*. Cette organisation a été coûteuse, mais on sait qu'elle a été, en somme, une affaire financière excellente, car la compagnie a retiré des bénéfices remarquables des découvertes de son laboratoire.

Un fait caractérise parfaitement l'admirable et large intelligence des Américains, à cet égard : Les frères Mellon, banquiers à Pittsburg, ont fondé un institut de recherches industrielles, le Mellon Institute, comprenant un état-major permanent d'une douzaine de savants, ayant tous une notoriété comme inventeurs.

Cet institut se charge de faire des recherches pour les industries qui paient seulement les dépenses correspondantes, profitant ainsi des capitaux qui ont été nécessaires pour la fondation de l'établissement. Est-il, en France, une Maison de Banque qui ait pris, un jour, pareille initiative ? Je ne le crois pas.

Et que dire, enfin, de la grandiose Institution Carnegie, créée pour encourager « toute investigation, recherche ou découverte ou toute application de nos connaissances au perfectionnement de l'espèce humaine »...

Cette Institution comprend plusieurs départements ; on y étudie la Botanique, la Biologie, la Nutrition, l'Astronomie, le Magnétisme, etc.

Par l'étude du magnétisme, on parvient à la navigation précise ; par l'étude de la météorologie, on rendra *sûr* l'avion, même au-dessus de l'Océan ! Quels grands espoirs ! Aux Etats-Unis, les centres d'études industrielles sont fort nombreux[1] et la hardiesse avec laquelle les Américains engagent dix, cent millions, dans ces entreprises savantes, montre assez clairement qu'à leurs yeux l'auscultation précise, scientifique, de la nature n'est pas un luxe de l'esprit, un amusement stérile de Byzantin raffiné, mais bien une nécessité fondamentale.

Chose remarquable : ce que réclament ces centres d'études, c'est un renforcement de la culture scientifique dans les Universités américaines !

En France, dans les Universités, la *Science pure* est travaillée avec tant de soin et de perfection qu'une réclamation de ce genre n'est pas à craindre, mais la *Science industrielle*[2] n'a pas été assez cultivée, dans notre pays ; il faut bien l'avouer.

Si la France, avant 1914, ne possédait aucun grand centre de recherches scientifiques pour ses industries, cela tient probablement à ce fait que notre pays, le pays de la terre morcelée, était aussi le pays de l'industrie morcelée.

La situation n'est plus la même, après la guerre, et actuellement nous possédons l'organisme nouveau, l'organisme attendu, qui assurera — on peut l'espérer — la liaison entre Science et Industrie, qui donnera la vie à des industries nouvelles et renouvellera la vie des installations anciennes.

Cet organisme de travail scientifique et industriel répond aux questions qui viennent d'être posées ; il mérite d'être connu : c'est la *Société de Recherches et de Perfectionnements industriels*[1].

Cette société dispose d'un cadre fixe de techniciens de premier ordre, physiciens, mécaniciens, chimistes, électriciens, et de vastes laboratoires et ateliers, dans la banlieue de Paris. Lorsqu'un établissement industriel a besoin d'être éclairé sur une fabrication en cours, ou en projet, il peut s'adresser à la Société de recherches, laquelle confiera à son personnel le soin de donner une solution à la question posée.

Les caractères distinctifs de cette société sont les suivants :

Toute question est étudiée par la méthode scientifique, avec la prétention de substituer le cycle complet des expériences nécessaires à cette vague ébauche que l'on nomme « essai ».

Chaque question est vue sous tous ses aspects, grâce à l'appui mutuel que se prêtent le Laboratoire de Chimie et la Laboratoire de Physique. Ce genre de travail, le laboratoire d'une *usine particulière* ne pourrait le faire, à cause de l'inévitable spécialisation du personnel dont elle dispose.

Admettons qu'une Société industrielle française ait fait la dépense énorme nécessaire pour posséder des laboratoires généraux. Elle trouvera facilement, pour travailler dans ses laboratoires, des techniciens moyens, capables de faire, très bien, les opérations classiques qui accompagnent régulièrement *une* fabrication donnée ; elle aura de « bons élèves », mais il lui manquera, vraisemblablement, ces hommes nécessaires, savants, *créateurs*, esprits très originaux, dont l'art est d'*organiser*, puis de *conduire* une recherche, dont l'heureux aboutissement peut exiger l'intervention inattendue des branches de la science les plus diverses.

L'Industrie française possède les spécialistes d'une question, mais non les spécialistes de « la recherche », en général.

Ces hommes sont assez rares, et il est plus rare encore de les trouver groupés. Etant groupés, comme ils le sont dans la *Société de Recherches*, ils forment une institution, douée d'une vie normale et régulière, pouvant travailler

1. Industrial Research in the United States of America, by A. P. M. Fleming (London, 1917).

2. Ce terme est employé par M. Henry Le Chatelier dans une conférence : La Science pure... et la Science industrielle. Voir : *Revue de Métallurgie*, juillet 1912.

1. Siège social, 126, rue de Provence, Paris.

simultanément pour plusieurs sociétés industrielles.

Il existe donc une différence fondamentale, essentielle, entre la *Société de Recherches* et les laboratoires que possèdent les diverses industries françaises. Assurément, telle affaire industrielle pourra avoir la chance de trouver, un beau jour, comme conseiller technique, un savant, un professeur de l'Université voisine, par exemple. Mais on sait combien il peut être dangereux de faire reposer un organisme capital sur les épaules d'une personnalité éphémère et combien, au contraire, il est avantageux d'avoir recours à un groupe d'hommes, organisé et permanent.

Peut-on, alors qu'il s'agit de l'avenir de nos industries, comparer quelques francs-tireurs à une troupe régulière, dont l'exercice quotidien accroît la force, dont les vides pourront être comblés ?

On a beaucoup parlé de la « Taylorisation » ; l'ingénieur américain Taylor[1] a fait la critique rationnelle de l'*extérieur* des méthodes de fabrication, opérations mécaniques, manutentions.

On peut dire que la Société de Recherches fait la critique de ce qui est l'*intérieur*, le cœur même des fabrications, pour réaliser une adaptation parfaite aux *besoins* bien constatés, pour atteindre le *rendement maximum* et une *régularité parfaite*.

La *Société de Recherches* a été constituée de manière à donner toutes les garanties désirables, au point de vue du « secret ». Ces garanties, cette sécurité résultent, d'abord, de la constitution de la Société et, beaucoup plus, de la haute *valeur morale* de la Direction, du Conseil de perfectionnement, du personnel.

Le secret est une nécessité, un principe fondamental de la *Société de Recherches*, et il ne semble pas, d'ailleurs, qu'un organisme d'Etat, analogue, puisse donner la même sécurité, à ce point de vue.

Les résultats obtenus par la Société de Recherches peuvent être, éventuellement, protégés par des *brevets*, dont elle partagera la propriété avec l'industrie qui a subventionné les études.

Toute recherche, « commandée » par l'Usine, est poursuivie, disions-nous, avec cet esprit de méthode et de rigueur presque impeccable que possède le savant, qu'on ne saurait exiger du technicien moyen, c'est-à-dire, par exemple, d'un bon élève de nos grandes écoles françaises.

En outre, toute recherche est dirigée avec la préoccupation dominante de la réalisation dans l'atelier. L'usine sera tenue au courant, régulièrement, de l'état d'avancement de la recherche demandée, et la *Société de Recherches et de Perfectionnements*, après avoir réalisé chez elle, par exemple, un moteur, en demi-grandeur, ira, dans les ateliers, mettre au point la fabrication.

Exceptionnellement, l'usine pourrait faire suivre de près, par un de ses propres ingénieurs, la recherche commandée, mais, en général, cette ingérence de l'usine dans les laboratoires de la Société de Recherches n'est ni prévue, ni admise.

Il faut bien que le secret soit jalousement gardé, et la Société de Recherches et de Perfectionnements industriels :

« fara da se ».

Le secret est garanti par la valeur morale des savants qui ont créé la Société de Recherches, mais cette haute conscience *vaut* encore, pour un autre motif.

Si, pour obtenir un perfectionnement, il a été nécessaire d'employer des données scientifiques très neuves, ou très complexes, ou très subtiles, quel est l'ingénieur qui sera capable de faire parfaitement la critique de ce qui est offert à son usine ? La critique, indirecte, ne pourra être faite que par l'usage ; ce sera long. De sorte qu'un laboratoire de grande envergure a certainement la possibilité de jeter de la poudre aux yeux... Seule, la conscience du personnel sera notre garantie, à cet égard.

Qu'on y prenne garde : jamais, sous le rapport de la conscience, la Société de Recherches ne sera trop rigide, quand elle aura à choisir un collaborateur ! Si j'ai décrit brièvement cette institution, qui est une grande nouveauté chez nous, qui est unique en son genre en France, qui est gérée par des hommes de tout premier ordre, c'est que telle est la voie dans laquelle nous devons entrer, avec entrain et confiance. Chacun sent, de plus en plus, que, dans tous les domaines, nous avons besoin de spécialistes éminents. D'autre part, il est désirable et nécessaire que les divers spécialistes, par exemple le savant et l'ingénieur, puissent collaborer. Il est bien clair qu'ils ne pourront le faire efficacement que s'ils ont reçu, les uns et les autres, une riche et belle *culture générale*, dans nos Grandes Ecoles, nos Instituts industriels ou nos Universités, à l'âge où l'esprit est encore souple.

Plus tard, on aura, assurément, la force de l'« expérience », mais, à cinquante ans, on s'adapte difficilement à une conception nouvelle si, à vingt ans, le cerveau n'a pas reçu une certaine

1. Taylor a fait des travaux infiniment plus intéressants, mais qui sont moins connus.

empreinte de cette idée, au moins superficiellement : nous savons combien les cerveaux jeunes conservent les impressions.

Actuellement, les jeunes hommes me semblent absorbés trop exclusivement par le présent tout proche, par l'obsession du rendement tout immédiat.

Cette hâte est mauvaise conseillère ; affirmons-le, bien haut !

Sachons profiter vraiment des austères leçons de la Grande Guerre ; pensons à demain, à après-demain, autant qu'à aujourd'hui.

Si nous pesons bien ce que nous avons, et si nous comprenons nos défauts et ce qui nous manque, nous conclurons que l'élite de notre jeunesse a besoin d'une culture générale belle, vaste, riche, claire, et non précipitée.

Si nous faisons des spécialisations trop précoces, il y aura, sur les yeux, des œillères et, par suite, ces agents de liaison, que nous vantions, seront sans emploi : incompris par le savant étroit et par l'ingénieur mesquin, ils seront méconnus et bafoués par les deux parties...

Pour le bon rendement du travail, faisons de bons spécialistes, assurément ! Mais ayons des spécialisations assises sur une culture très ample.

De plus en plus, les élites de la Science, de l'Industrie, de la Finance, collaboreront.

Ces collaborations ne seront possibles et fructueuses qu'entre des spécialistes « idoines » et munis, en outre, d'une intelligence cultivée, tentaculaire, pouvant s'accrocher à tout...

R. d'Adhémar,
Ingénieur des Arts et Manufactures,
Dr ès sciences,
Professeur à la Faculté libre
des Sciences de Lille.

LA COULEUR DES YEUX ET DES CHEVEUX CHEZ LES FRANÇAIS

RÉSULTATS DE 6.652 OBSERVATIONS

Les mélanges ethniques qui constituent le peuple français ont, par leur fusion, déterminé des caractères moyens qu'un chiffre élevé d'observations met toujours en valeur et qui ont permis à certains anthropologistes, dont le plus documenté fut A. Bertillon, la détermination des principaux caractères somatiques de notre peuple.

C'est ainsi qu'il est établi que la moyenne de la taille française est, pour l'homme, de 1,65 m., pour la femme, 1,57 m. ; que l'indice céphalique moyen oscille entre 82,35 et 85,75 ; que le diamètre bi-zygomatique est, chez le Français, de 139 mm., etc.

Nous nous sommes proposé d'établir, d'après 6.652 observations, la répartition de la couleur des cheveux et des yeux dans notre population.

Nos statistiques apportent des données nouvelles intéressant, non seulement l'Ethnographie et l'Anthropologie, mais aussi l'Anatomie descriptive et la Clinique.

L'échelle de classification que nous avons utilisée est celle que préconisait Bertillon. Elle a le mérite d'être simple, précise et presque universellement employée dans les divers services d'identité judiciaire du monde.

Dans cette échelle, les différentes nuances de cheveux se classent en série dont les termes extrêmes sont le blond très clair et le noir pur (noir plume de corbeau). Entre ces termes opposés s'intercalent, par gradations successives, les différents tons du châtain.

Voici la série complète :

Blond	albinos, blond très clair (blond filasse), blond moyen, blond foncé ;
Châtain	châtain clair, châtain moyen, châtain foncé, châtain noir ;
Noir.	

Les cheveux roux constituent une série distincte rangée de la façon suivante :

Roux acajou	clair, moyen, foncé ;
Roux blond ; Roux châtain.	

Nos observations indiquent que 85,10 % des Français ont les cheveux châtains dans l'ordre suivant :

Châtain moyen.....	42,97 %
Châtain foncé.....	22,98 »
Châtain clair.....	14,17 »
Châtain noir.....	2,70 »
Châtain roux.....	2,25 »

Viennent ensuite les blonds, qui ne constituent que 12,34 % de la population et qui sont ainsi répartis :

Blond foncé	5,50 %
Blond moyen	4,50 »
Blond clair	1,24 »
Blond roux	1,06 »
Blond albinos	0,01 »

Les cheveux d'un noir pur se rencontrent dans la proportion de : 1,83 %, c'est-à-dire à peine plus fréquemment que les roux, qui, dans leur ensemble (roux clair, moyen, foncé), ne se rencontrent que 0,72 fois %.

Le noir pur, si rare en France, est la règle dans certains pays méditerranéens (par exemple en certaines régions de l'Espagne).

Le blond très clair se trouve en majorité dans les populations du nord de l'Europe.

Or, il suffit de connaître l'histoire de notre peuple pour se rappeler que le Français constitue un mélange ethnique où deux grandes influences se sont constamment contre-balancées : celle des peuples méditerranéens (invasion arabe, etc.), celle des peuples du Nord et germaniques (invasions normandes, etc.). Il en est résulté la prédominance relative et parfois absolue des blonds et des châtain clair dans le Nord et l'Est, des bruns (châtain foncé) dans le Midi, et, dans l'ensemble du pays, des individus à cheveux châtains. Certaines observations précises font penser qu'au-dessus de la Loire le milieu créerait encore à l'heure actuelle une prédominance de blonds. C'est ainsi que l'un de nous (L. Mac-Auliffe), ayant étudié 1.500 Parisiens [1], a fait cette constatation curieuse :

Le chiffre des blonds parisiens nés de parents provinciaux est de 17,5 %. La proportion des blonds parisiens nés d'un parisien et d'un parent provincial est de 23 % ; celle des blonds parisiens, nés de parents parisiens, est de 33 % (avec prédominance des blond foncé).

Les Parisiens à cheveux châtains suivent une proportion inverse :

Châtains nés de parents provinciaux	81,5 %
» nés d'un parisien et d'un provincial	74 »
» nés de parents parisiens	65 »

Les cheveux châtain noir, qui se constatent 2,70 fois % dans la population française, ne s'observent plus qu'une fois % chez les Parisiens, et les cheveux noirs ne se sont rencontrés que dans une infime proportion (0,5 % dans la série des Parisiens issus d'un parisien et d'un provinçial).

Par contre, les cheveux roux se trouvent un peu plus fréquemment chez les Parisiens, individus fréquemment dégénérés, que dans la population provinciale envisagée en bloc : 1,93 % chez les Parisiens ; 0,72 % chez les Français.

C'est que tout fait penser que, comme l'avaient pressenti certains cliniciens (Landouzy par exemple), les cheveux roux décèlent un type morbide ou du moins de résistance affaiblie et très apparenté à l'albinos.

Tout d'abord, bien qu'on en ait dit, il n'a jamais été observé de peuples, ni même de tribus, à cheveux roux prédominants. La décoloration qui affecte les plantes et souvent les animaux des latitudes et des altitudes élevées s'observe aussi chez l'homme, d'où sans doute la fréquence des blonds dans les régions septentrionales de l'Europe.

Mais, si, comme on l'admet aujourd'hui, l'albinisme est dû à la rareté des cellules pavimenteuses de la couche de Malpighi et des cellules de la choroïde ainsi qu'à l'absence des granulations pigmentaires, état normal chez le fœtus de quatre mois ; en un mot, si l'albinisme est la persistance d'un état fœtal de certains tissus, nous nous trouvons en présence d'un arrêt de développement, d'une maladie. Or, chez l'albinos de race blanche seul, les cheveux sont blancs. Dans les races colorées, la peau devient d'un blanc sale, mais les cheveux sont roux.

Peu d'années avant la guerre, au cours d'une exposition au Jardin d'acclimatation de types soudanais soumis à la protection française, l'on pouvait voir un albinos nègre, à cheveux crépus d'un roux moyen.

Les anthropologistes signalent des individus roux chez les albinos néo-calédoniens et chez ceux des races américaines.

Comme, d'autre part, il n'est pas de médecins qui, faisant appel à l'observation clinique, ne se rappellent la faible résistance des roux soignés par eux, nous sommes autorisés, semble-t-il, à affirmer que la couleur rousse des cheveux reflète non un type ethnique, mais une variété morbide dont le type extrême et très rare (un cas sur 6.652 observations) serait l'albinos.

Nous donnerons plus loin une autre preuve de l'inexistence d'un type ethnique roux, tirée de l'observation de la couleur des yeux.

***

Ceux-ci avaient été classés par Bertillon d'après la couleur de l'iris, dont il distinguait deux zones, dont la couleur diffère généralement :

1. Exactement 1.509 Parisiens ainsi répartis :

Parisiens issus de Parisiens	294
Parisiens nés d'un individu parisien et d'un individu provincial	365
Parisiens nés de parents provinciaux	850

l'auréole qui confine à la pupille, et la périphérie, c'est-à-dire la partie de l'iris voisine du blanc de l'œil (sclérotique).

Il ajoutait, très justement, qu'il n'y a dans l'espèce humaine que deux types d'yeux fondamentaux : les yeux impigmentés (bleus) et les yeux marron pur, et que toutes les autres teintes doivent être regardées comme mitoyennes entre ces deux extrêmes.

Les yeux impigmentés sont ceux des populations du nord de l'Europe. « La teinte des yeux *marron pur* est unie et rappelle l'écorce du fruit de ce nom lorsqu'il est mur et frais et que son enveloppe est encore nette et brillante. C'est l'œil noir ou brun du public, l'œil de l'arabe, du nègre, des méridionaux en général [1]. »

Dans la très grande majorité des cas, le pigment étant prédominant autour de la pupille, c'est la pigmentation de l'auréole qui a servi de base à la classification chromatique des yeux, la périphérie irienne présentant des nuances trop multiples et souvent trop difficiles à déterminer par des caractères précis.

On est arrivé ainsi à l'échelle suivante de pigmentation :

Yeux : impigmentés, jaunes, oranges, châtains, marrons { marron en cercle, marron verdâtre, marron pur.

Le pigment est très souvent groupé en cercle plus ou moins régulier autour de la pupille, quelquefois en pointillés, en petites taches triangulaires ou en croissants circulaires dans la zone périphérique.

Le pigment jaune se rapproche de la fleur de soufre (jaune de chrome ou jaune paille).

L'orange rappelle l'écorce du fruit de ce nom et plus exactement la terre d'ocre jaune.

Le châtain rappelle l'écorce de la châtaigne sèche ou l'enveloppe desséchée de la noisette. Il correspond à la terre de Sienne naturelle ou brûlée.

Le marron peut être groupé en cercle autour de la pupille ou rayé de verdâtre, ou bien, enfin, l'iris tout entier peut être d'un marron pur.

Cette sériation de termes est commode et est utilisée universellement par les anthropomètres; mais, en fait, il existe trois catégories d'yeux :

Les yeux impigmentés ou bleus,
peu pigmentés { jaunes, oranges;
très pigmentés { châtains, marrons.

1. Bertillon : « Instructions signalétiques ». Melun, Imprimerie administrative, 1893.

Sur nos 6.652 observations de Français, le pourcentage des yeux, d'après leur pigmentation, est ainsi réparti :

Yeux

Impigmentés		18,58 %
Peu pigmentés		42,52 »
savoir	à pigment jaune	21,76 %
	» orange	20,76 »
Fortement pigmentés		38,87 %
savoir	à pigment châtain	21,96 %
	à pigment :	
	marron en cercle	6,70 » } 16,91 %
	marron verdâtre	7,24 » }
	marron pur	2,97 » }

Les yeux châtains sont donc en majorité dans notre population, comme les cheveux châtains, parce que notre peuple est un croisement des races septentrionales et méridionales de l'Europe.

Les blonds des peuples du Nord européen présentent, nous l'avons dit, des yeux impigmentés ou faiblement pigmentés.

Les cartes dressées par Bertillon montrent à l'évidence cette prépondérance des yeux bleus chez les Scandinaves, les Hollandais, les Belges et, à un degré moindre, chez les Anglo-Saxons et les Germains.

Or, 87 % des blonds français ont les yeux impigmentés ou faiblement pigmentés comme les peuples du Nord. Les yeux se teintent, d'ailleurs, en raison directe de la pigmentation des cheveux.

Les Français de cheveux blond clair ont pour ainsi dire toujours les yeux bleus ou faiblement pigmentés (1 seul blond clair à yeux châtains sur 6.652 cas).

Blond clair (83 cas)	Yeux impigmentés (bleus)	53 %
	» à pigment jaune	31 »
	» à pigment orange	15 »
	» » châtain	0,01 »
	» » marron	0

Les blonds de nuance plus foncée ont une proportion plus élevée, mais encore faible, d'yeux châtains et surtout d'yeux marrons.

Le pourcentage est le suivant :

Blond moyen (300 cas)	Yeux impigmentés (bleus)	40 %
	» à pigment jaune	36 »
	» » orange	13 »
	» » châtain	6,6 »
	» » marron	2 »
Blond foncé (366 cas)	Yeux impigmentés (bleus)	34 »
	» à pigment jaune	31 »
	» » orange	18 »
	» » châtain	12 »
	» » marron	3 »

La même règle s'observe chez les Français à cheveux châtains et noirs ; les yeux se pigmentent d'autant plus que les cheveux se foncent.

Châtain clair (943 cas)	Yeux impigmentés (bleus)	30 %
	» à pigment jaune	29 »
	» » orange	15 »
	» » châtain	16 »
	» » marron	8 »

Châtain moyen (2.859 cas)	Yeux impigmentés (bleus)	16 %
	» à pigment jaune...	21 »
	» » orange..	22 »
	» » châtain..	21 »
	» » marron..	16 »
Châtain foncé (1.529 cas)	Yeux impigmentés (bleus)	7 »
	» à pigment jaune...	13 »
	» » orange..	22 »
	» » châtain..	30 »
	» » marron..	25 »
Noirs (122 cas)	Yeux impigmentés (bleus)	3 »
	» à pigment jaune...	11 »
	» » orange..	14 »
	» » châtain..	23 »
	» » marron..	46 »

Les individus roux, comme nous l'avons fait pressentir en étudiant les caractères chromatiques des cheveux, sont beaucoup moins influencés par les caractères ethniques, et l'accentuation de la pigmentation des cheveux ne suit que faiblement celle des yeux.

Nous trouvons en France 57 % de roux à yeux impigmentés et peu pigmentés et 42 % de roux à yeux fortement pigmentés.

Tout fait penser à des types de développement irrégulier. C'est ainsi que sur 7 roux clair 4 avaient des yeux à pigment châtain. Un seul roux sur 48 avait les yeux bleus.

Si nous englobons avec les roux proprement dits les blond roux et les châtain roux, nous aurons ainsi étudié 269 cas qui se sérieront ainsi :

Roux[1] (269 cas)	Yeux impigmentés (bleus)	17 %
	» à pigment jaune...	21 »
	» » orange..	25 »
	» » châtain..	26 »
	» » marron..	9 »

Il faut, pour pouvoir retrouver la loi du parallélisme de la pigmentation des yeux et des cheveux, répartir ainsi les roux :

Yeux marrons	Roux foncé	20 %
	Châtain roux	12 »
	Roux moyen	4 »
	Blond roux	0,4 »
	Roux clair	0 »
Yeux impigmentés ou peu pigmentés[2]	Roux foncé	45 »
	Châtain roux	59 »
	Roux moyen	70 »
	Blond roux	77 »

Toutes ces données sont résumées dans le tableau suivant :

Répartition de 6.652 observations par couleur d'yeux et dans chaque œil par couleur de cheveux

	1 Impigmenté	2 Jaune	3 Orange	4 Châtain	5 Marron en cerc.	6 Marron verdâtre	7 Marron pur	Pourcentage par teintes	Nombre de cas (total)	Pourcentage par nuances
Blond albinos	1								1	0,01 %
Blond clair	44	25	13	1				11,27 %	83	1,24
Blond moyen	122	110	40	20	3	3	2		300	4,50
Blond foncé	126	114	67	46	8	2	3		366	5,50
Châtain clair	284	281	150	151	25	42	10		943	14.17
Châtain moyen	486	615	655	625	210	193	75	82,84 %	2.859	42,97
Châtain foncé	120	214	340	463	152	169	71		1.529	22,98
Châtain noir	2	17	30	56	19	33	23		180	2,70
Noir	4	14	18	29	20	26	11	1,83 %	122	1,83
Roux clair (roux vif ou roux acajou)		1	2	4					7	0,10
Roux moyen (roux vif ou roux acajou)	1	10	4	5		1			21	0,31
Roux foncé (roux vif ou roux acajou)		5	4	7	1	2	1	4,04 %	20	0,30
Blond roux	22	20	14	12	2		1		71	1,06
Châtain roux	24	22	44	42	6	11	1		150	2.25
Pourcentage	18,58 %	21,76 %	20,76 %	21,96 %	6,70 %	7,24 %	2,97 %			
Nombre de cas	1.236	1.448	1.381	1.461	446	482	198	6.652		

1. Nous avons trouvé pour les blond roux (71 cas) :

Yeux impigmentés (bleus)	30 %
» à pigment jaune	20 »
» » orange	19 »
» » châtain	18 »
» » marron	0,4 »

Pour les châtain roux (150 cas).

Yeux impigmentés (bleus)	16 %
» à pigment jaune	14 »
» » orange	29 »
» » châtain	28 »
» » marron	12 »

2. Nous éliminons les roux clair en chiffre trop faible dans notre statistique.

* *

En définitive, si l'on tient compte du fait, établi par les observations de nos devanciers, que les yeux pigmentés dominent en France au-dessus de la Loire, nos propres recherches peuvent se résumer ainsi :

Le Français est le résultat d'un métissage d'une race blonde à yeux impigmentés ou peu pigmentés, d'origine septentrionale, et d'une race brune à yeux fortement pigmentés, d'origine méridionale. Il résulte de ce mélange de races que le caractère chromatique dominant des yeux et des cheveux est, chez les Français, le châtain.

Il y a parallélisme sinon absolu, du moins très notable entre le développement dans notre peuple du pigment des cheveux et des iris : plus la pigmentation des yeux s'accentue, plus se développe celle des cheveux, et inversement.

Le caractère chromatique roux n'est pas ethnique et paraît d'origine pathologique.

Edmond Bayle,
Licencié ès sciences physiques,
Sous-chef du Service
de l'Identité judiciaire.

Léon Mac-Auliffe,
Directeur adjoint
à l'Ecole pratique des
Hautes Etudes.

LA TREMPE ET LE REVENU DES PRODUITS MÉTALLURGIQUES

TROISIÈME PARTIE

LES EFFETS DU BRUSQUE REFROIDISSEMENT SUR LES PROPRIÉTÉS ET LA STRUCTURE[1]

Nous devons envisager les effets du brusque refroidissement à deux points de vue :

1° sur les propriétés physiques et mécaniques, plus particulièrement sur la position des points de transformation;

2° sur la structure micrographique.

I. — Effets du brusque refroidissement sur les propriétés physiques et mécaniques

Nous avons déjà indiqué le sens de la variation des propriétés en donnant quelques-uns des diagrammes tirés du Mémoire de Mac Cance, et nous n'aurions rien à ajouter de plus précis sur ce sujet s'il n'y avait un fait d'expérience tout à fait capital : nous voulons parler de l'influence de la trempe sur la position des points de transformation. Prenons un métal réversible; le point de transformation à l'échauffement est à une température T; avec refroidissement lent, le point de transformation au refroidissement est à une température un peu inférieure à T, disons de 50 à 150°. Nous chauffons le métal à une température un peu supérieure à T, nous le refroidissons brusquement en le plongeant dans l'eau. Si nous suivons sa courbe de refroidissement, nous notons que différents cas peuvent se produire :

a) le métal ne présente aucune transformation pendant ce refroidissement;

b) le métal présente une transformation qui se passe à une température très basse. Ainsi, si l'on prend un acier dont le point de transformation au refroidissement est aux environs de 600°, la brusque immersion dans l'eau aura pour effet d'empêcher la décomposition de la solution solide fer γ - carbone en fer et carbure de fer de se passer à cette température; la réaction sera moins intense, du moins calorifiquement[1]; elle aura lieu vers 300°, c'est-à-dire à une température où la mobilité des molécules est bien moindre et où la viscosité s'oppose à une transformation intégrale.

En somme, deux cas peuvent se produire lorsque la vitesse de refroidissement est suffisamment élevée :

1° La transformation au refroidissement est supprimée : la trempe maintient intégralement l'état stable à température élevée. Ce cas se trouve dans certains aciers un peu chargés en manganèse. C'est aussi le cas de la trempe de certains alliages d'aluminium. Il y a alors adoucissement du métal.

M. Maurer a montré[2] que la trempe d'un acier ayant pour composition : C = 1,94, Mn = 2,20, faite à très haute température, 1.080°, maintient intégralement l'état stable à température élevée. Il en a étudié la variation de dureté par la méthode Shore (rebondissement d'un petit marteau). Le métal recuit a donné une hauteur de rebondissement de 21 cm. et le métal trempé à 1.050° de 17 cm. .

1. Voir les deux premières parties de cette étude dans la *Rev. gén. des Sciences* des 15 et 30 juillet 1920.

1. Au point de vue dilatométrique, il est difficile de faire une comparaison, les transformations ne se passant pas aux mêmes températures.

2. *Revue de Métallurgie*, 1908, Mémoires, p. 723.

Le duralumin, alliage d'aluminium, de cuivre et de magnésium, paraît bien présenter le même phénomène et conserver par trempe la constitution stable à température élevée.

2° La transformation est rejetée à une température relativement basse, 350° et même moins.

Dans ces conditions, la réaction ne peut plus se passer intégralement; elle n'est que partielle, et l'état du métal trempé participe de l'état stable à température élevée et de l'état stable à température normale.

C'est le cas des aciers, de certains bronzes, laitons et bronzes d'aluminium. Les phénomènes ont été particulièrement étudiés pour les aciers et méritent d'être signalés avec quelques détails :

1° Depuis Osmond[1], on sait que l'accroissement de vitesse du refroidissement tend à rejeter à basse température la transformation, mais on ne connaissait pas d'une façon précise le phénomène, du moins pour les aciers ordinaires; l'influence de la vitesse de refroidissement sur ce rejet n'avait jamais été expérimentalement et numériquement établie, en raison des difficultés d'étude des refroidissements de courte durée.

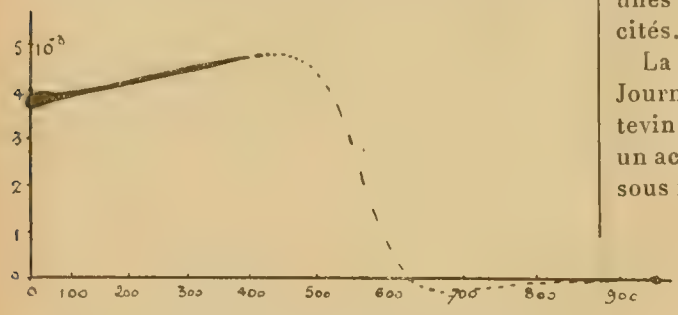


Fig. 40. — *Courbe dilatométrique d'un fil d'acier à 0,49 °/₀ de C refroidi dans l'azote et non trempé.*

Les études thermiques nécessitaient l'emploi d'appareils thermométriques d'une inertie calorifique et électrique aussi réduite que possible, et également l'assurance de l'équilibre constant de température entre la soudure et l'échantillon de métal au cours du refroidissement; l'étude dilatométrique était également entravée par la difficulté de réaliser un refroidissement uniforme sur des échantillons d'une certaine longueur lors de la trempe. Ces difficultés ont été surmontées récemment, et deux études poursuivies à la même époque, l'une par la méthode thermique de MM. Portevin et Garvin[2], l'autre par la méthode dilatométrique de M. Chévenard[3], ont fait connaître la loi d'abaissement du point de transformation en fonction de la vitesse et de la température initiale de refroidissement.

Nous en montrerons plus loin toute l'importance. Actuellement nous nous contenterons

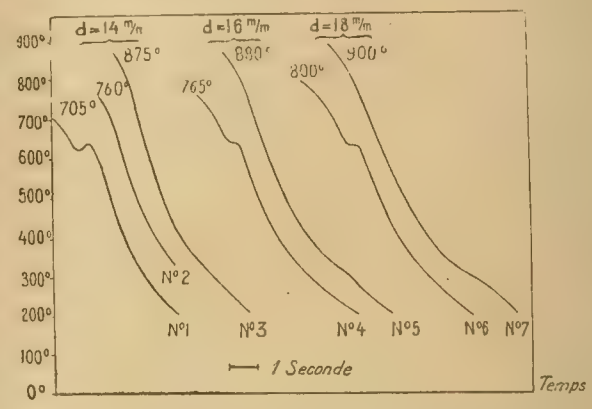


Fig. 39. — *Courbes de refroidissement d'un acier à 0,56 °/₀ de carbone et 0,26 °/₀ de manganèse, en cylindres de 14, 16 et 18mm de diamètre, trempés dans l'eau à partir de diverses températures* (Portevin et Garvin).

d'établir le phénomène en reproduisant quelques-unes des courbes publiées par les auteurs précités.

La figure 39, tirée du Mémoire publié dans le Journal de l'*Iron and Steel Institute* par MM. Portevin et Garvin, donne les courbes obtenues avec un acier à 0,56 °/₀ de C et 0,26 °/₀ de Mn, trempé, sous forme de cylindres de différents diamètres, dans l'eau à diverses températures. On voit très bien que la transformation qui existe dans certaines courbes (il s'agit ici de courbes temps-températures) est refoulée à très basse température et y est à peine visible.

Le phénomène est bien plus accusé dans l'étude dilatométrique, comme le montrent les

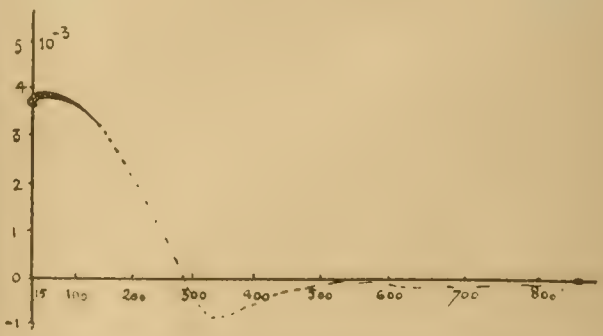


Fig. 41. — *Courbe dilatométrique d'un fil d'acier à 0,49 °/₀ de C refroidi dans l'hydrogène et trempé.*

deux courbes publiées par M. Chévenard (fig. 40 et 41) et ayant trait à des fils d'un acier à 0,49 °/₀ de carbone : l'un refroidi dans l'azote et de ce

1. OSMOND : Commission des Méthodes d'Essais, Première Session, t. II, 1re Série, p. 43.

2. PORTEVIN et GARVIN : *Revue de Métallurgie*, sept.-oct. 1917, Mémoires, p. 604, et *Iron and Steel Institute*, t. XCIX, n° 1, p. 469; 1919.

3. CHÉVENARD : *Revue de Métallurgie*, sept.-octobre 1917, Mémoires, p. 610, et janv. 1919, Mémoires, p. 610.

fait non trempé, l'autre refroidi dans l'hydrogène et trempé (le phénomène est dû à la conductibilité thermique élevée de l'hydrogène).

2° L'état du métal trempé participe de l'état stable à température élevée et de l'état stable à température ordinaire.

Le magnétisme est moins accusé dans l'acier trempé que dans l'acier refroidi lentement ; mais le métal est cependant magnétique, alors qu'à la température de trempe il ne l'était pas.

De plus, le carbone est à l'état dissous et non à l'état de carbure de fer comme dans l'acier refroidi lentement: l'attaque à l'acide azotique d'un acier trempé ne donne pas de coloration.

La résistance électrique est beaucoup plus élevée dans le métal trempé que dans le métal recuit et se rapproche ainsi de la valeur présentée par l'acier à température élevée.

Enfin l'anomalie présentée par la cémentite à 200° se manifeste dans le métal recuit et non dans le métal trempé. Donc ce dernier ne contient pas de carbure de fer; mais il renferme du fer magnétique (fer α).

3° Mais cependant ce métal, trempé par le rejet de la transformation à 350°, présente une augmentation de dureté toujours sensible, parfois remarquable. Nous en avons déjà cité de nombreux exemples et les figures du travail de M. Chévenard (fig. 40 et 41) indiquent incidemment les résultats des essais de pliage.

Voici les faits bien nettement établis. Mais il reste à expliquer ce point essentiel : à savoir que le métal se trouvant après trempe sous un état qui apparaît comme participant des états stables à température élevée et à température ordinaire possède des propriétés qui n'ont rien à voir avec celles caractérisant ces deux états : c'est là qu'interviennent les théories de la trempe que nous étudierons plus loin.

Toutefois, il est deux points que nous voudrions bien faire ressortir dès maintenant :

1° le mécanisme du rejet de la transformation ;

2° l'existence de tensions internes dans les métaux trempés avec durcissement.

§ 1. — Mécanisme du rejet de la transformation

1. *Influence de la température de chauffage, de la vitesse de refroidissement et de l'addition de certains corps.* — Avant que le phénomène de l'abaissement du point de transformation n'ait été étudié dans les aciers ordinaires, il a été signalé dans certains aciers spéciaux.

Osmond, le premier, dès 1892 [1], met en vue l'existence d'un double point critique au refroidissement dans certains aciers trempants à l'air ; en l'occurrence, le métal renfermait : C = 0,40 %, Tu = 6,35 %. En 1906, le même savant indique [1] l'existence du même phénomène et précise l'influence de la température de chauffage. Depuis, de nombreux mémoires ont paru sur la question [2]. Dans son étude toute récente [3], M. Dejean a rappelé les résultats en donnant une série de

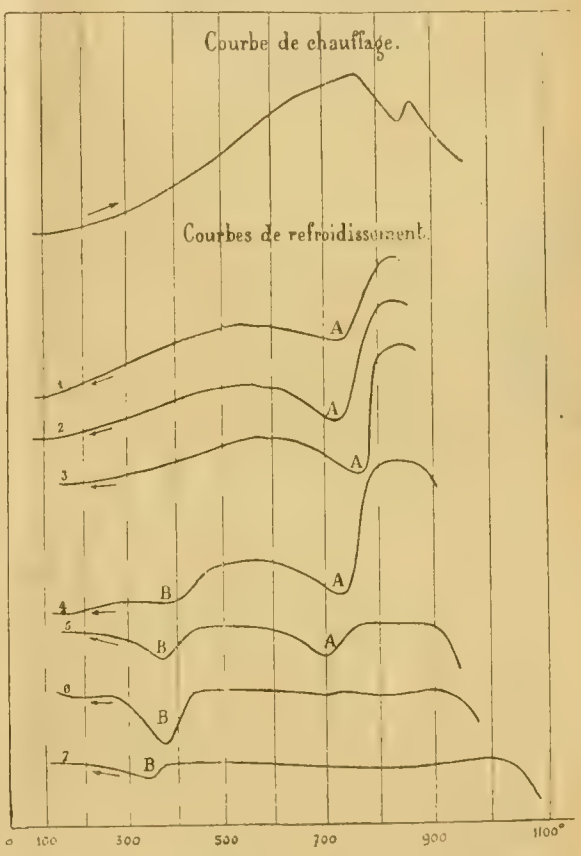


Fig. 42. — *Points critiques d'un acier à outils rapide à 18 % de tungstène, refroidi après avoir été porté à diverses températures.*

courbes très caractéristiques : leur reproduction nous paraît particulièrement intéressante (fig. 42). Voici, en effet, les faits que nous notons pour l'acier étudié : C = 0,7 ; Tu = 18 % ; Cr = 4 % ; Va = traces. Au chauffage, la courbe présente deux points : l'un à 775° (caractéristique des aciers contenant du chrome), l'autre, le plus important, s'étendant de 850 à 875°. Au refroidissement, les points de transformation sont essentiellement fonction de la température atteinte à l'échauffement, toutes choses égales d'ailleurs,

1. Osmond : Commission des Méthodes d'Essais, Première Session, t. II, 1re série, p. 43.

1. Osmond : *Revue de Métallurgie*, Mémoires, 1906, p. 348.

2. Otto Bohler : Thèse de doctorat sur les aciers au tungstène. — Carpenter : Structure et points de transformation des aciers rapides. *Iron and Steel Institute*, 1905. — Swinden : Aciers carbone-tungstène. *Iron and Steel Institute*, 1907.

3. Dejean : *Revue de Métallurgie*, sept.-oct. 1917, p. 642.

notamment la vitesse de refroidissement. Si le chauffage atteint 850°, on note une transformation qui commence vers 800° et présente son maximum vers 750°. Quand la température croît un peu, sans atteindre 900°, la transformation est de plus en plus accusée. C'est le point A des courbes de M. Dejean.

La température de chauffage atteignant 900°, nous trouvons toujours ce point A, mais nous voyons apparaître simultanément une autre transformation située beaucoup plus bas entre 500 et 400° (point B des courbes) et qui va en se développant au fur et à mesure que la température s'élève, et cela tandis que l'intensité du phénomène se passant en A va en s'atténuant.

Lorsqu'on atteint 950°, le point A disparaît complètement, l'anomalie B atteint son maximum.

Si l'on atteint 1.100°, le point B s'atténue.

Notons de suite, avec M. Dejean, qu'un métal refroidi suivant la courbe n° 3 (maximum d'intensité du phénomène A) donne dans l'essai de dureté une empreinte de 3,6 mm. de diamètre (bille de 10 mm., effort de 3.000 kg.), tandis que le métal refroidi suivant la courbe n° 6 (maximum d'intensité du phénomène B) donne une empreinte de 2,4 mm. de diamètre.

Les appareils d'enregistrement permettent difficilement d'atteindre des températures plus élevées. Si on avait pu chauffer jusqu'à 1.300°, on aurait très probablement fait disparaître le point B ; la courbe de refroidissement ne présenterait plus aucune transformation : le métal serait sous l'état stable à température élevée ; il présente, d'ailleurs, chauffé à 1.300°, une dureté moindre que chauffé à 950° ; ce dernier point est un fait d'expérience très nette : un acier rapide donnant une empreinte d'un diamètre de 2,4 mm., après chauffage à 950°, donne une empreinte d'un diamètre de 2,6-2,7 mm. après chauffage à 1.300°.

Des phénomènes analogues ont été observés dans les aciers chrome-nickel. M. Grenet l'a indiqué le premier[1] : quand la température de chauffage dépasse peu le point de transformation à l'échauffement, la transformation au refroidissement se fait entre 700 et 600°. Si l'on élève la température petit à petit, on note une légère augmentation de l'écart entre les points de transformation à l'échauffement et au refroidissement, puis un dédoublement du point : la réaction, amorcée vers 650°, s'arrête pour ne reprendre qu'à une température bien plus basse (A'_2 vers 650°, A'' vers 300°) ; enfin le point A'_2 disparaît, A''_2 s'accentue.

1. GRENET : Trempe. Recuit. Cémentation et conditions d'emplois des aciers. Béranger, éditeur.

Dans aucun cas, il n'y a disparition complète de la transformation au refroidissement.

Ici on note encore une relation entre la dureté et le point de transformation : l'acier dont la transformation a lieu entre 600 et 700° possède une dureté minimum ; celui transformé au-dessous de 400° accuse une très forte dureté.

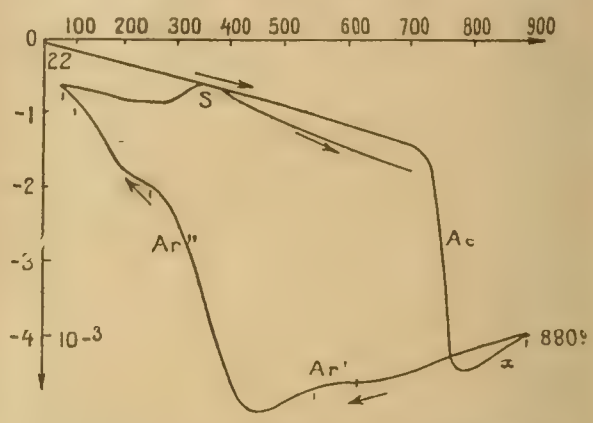


Fig. 43. — *Influence de la vitesse de refroidissement sur le point de transformation des aciers. Refroidissement spontané.*

Lorsqu'on se trouve dans le cas de la transformation dédoublée, on obtient des duretés intermédiaires ; toutefois, on note clairement que plus A'_2 diminue et plus par conséquent A''_2 se développe, plus aussi la dureté augmente.

Mais il y a plus : jusqu'ici nous n'avons parlé du développement du point de transformation

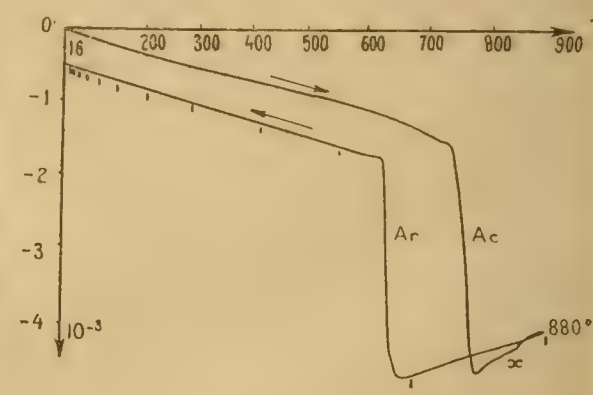


Fig. 44. — *Influence de la vitesse de refroidissement sur le point de transformation des aciers. Refroidissement ralenti.*

que sous l'influence d'un seul facteur : la température de chauffage. La vitesse de refroidissement influe exactement dans le même sens.

M. Chevenard a mis ce fait en vue[1] par deux courbes que nous reproduisons (fig. 43 et 44) : dans les deux cas, le métal a été chauffé à 880° ; mais les chutes de température pendant les

1. *Revue de Métallurgie*, sept.-oct. 1917, p. 623.

15 premières minutes sont respectivement 340 et 200° ; cette simple différence est suffisante pour faire passer le point de transformation au refroidissement de 650° environ à 250° environ.

Il est bien à noter que ces influences de la température et de la vitesse de chauffage se font sentir dans les aciers nickel-chrome et non pas dans les aciers au nickel sans chrome. Il est curieux de rapprocher ce fait de la présence nécessaire du chrome dans les aciers à coupe rapide [1].

D'autre part, nous devons attacher une importance toute particulière à ce point déjà signalé plus haut, à savoir qu'un acier spécial qui, par addition de certains éléments, voit son point de transformation s'abaisser au-dessous de 350° — tout en restant supérieur à la température ordinaire — possède des propriétés analogues à celles de l'acier dur trempé, notamment au point de vue dureté, et cela même lorsqu'il ne renferme pas une teneur élevée en carbone.

Enfin rappelons encore — et ce rapprochement est capital — que l'abaissement du point de transformation par un élément comme le nickel suit les mêmes lois générales que celles notées dans l'étude de l'influence de la température de chauffage ou de la vitesse de refroidissement sur certains aciers complexes.

On peut donc résumer ce que nous venons de dire en quelques mots :

Dans un certain nombre de produits sidérurgiques spéciaux, l'influence de trois facteurs : l'addition de certains corps (nickel-manganèse), la température maximum de chauffage avant refroidissement et la vitesse de refroidissement, se manifeste de la même façon sur la position des points de transformation et sur les propriétés mécaniques :

a) Si la valeur des facteurs est faible, les points de transformation à l'échauffement et au refroidissement sont peu différents. La dureté du métal est faible.

b) Pour des valeurs plus élevées, il y a deux points de transformation au refroidissement : l'un vers 650°, l'autre vers 300°, ce dernier se développant au détriment du premier, quand l'influence du facteur grandit. La dureté du métal est moyenne et irrégulière.

c) Pour des valeurs élevées de l'un des facteurs, il n'existe plus que le point de transformation vers 350° ; les propriétés du métal sont celles de l'acier trempé, notamment sa dureté est remarquablement élevée.

1. On peut penser à l'existence de carbure complexe dû à la présence du chrome. Nous avons montré dans notre étude des aciers au chrome qu'il est fort difficile de faire entrer un tel carbure en solution.

d) Dans certains cas, en exagérant la valeur de l'un des facteurs, on peut arriver à faire disparaître toute transformation au refroidissement : le métal est nettement plus adouci que dans le cas précédent.

Nous indiquerons plus loin qu'il y a une corrélation étroite — que d'aucuns ont voulu nier, sans doute parce que peu versés dans la question micrographie — entre la microstructure et la position des points de transformation.

2. *Influence de la durée de chauffage avant trempe.* — Le phénomène de trempe trouvant sa base essentielle dans l'existence d'une réaction correspondant au point de transformation, il apparaît *a priori* que la trempe ne peut atteindre son effet maximum que si la réaction est complète.

On peut obtenir ce résultat soit en chauffant longuement à une température légèrement supérieure au point de transformation, soit en chauffant rapidement bien au-dessus du point de transformation. On voit donc que la durée de chauffage peut avoir une influence, du moins si la réaction n'est pas rapide.

Le phénomène a été étudié par M. Portevin dans une longue et minutieuse étude [1] dont les conclusions peuvent être résumées de la façon suivante :

Les essais mécaniques sur aciers trempés sont entachés de causes d'erreur, du moins dans l'essai de traction, à cause des faibles allongements et des déformations de trempe qui donnent une part importante à des flexions parasites.

Les mesures de dureté — du moins quand la valeur est élevée — donnent peu de sensibilité, qu'il s'agisse de l'essai à la bille ou de la méthode de rebondissement connue sous le nom de méthode de Shore.

C'est l'étude de la variation de la résistance électrique qui a été le procédé le plus satisfaisant pour mettre en évidence l'influence de la durée de chauffage sur la mise en solution du carbure de fer.

C'est pour les aciers ordinaires que cette influence est la moins importante, la mise en solution du carbure étant relativement rapide.

Voici à ce sujet quelques chiffres :

Acier à C = 0, 37 °/₀

Durée de séjour à 750° =	2′	Résistivité :	14,49	microhmsc³
— — —	10′	—	16,84	—
— — —	20′	—	16,91	—

Acier à C = 0,88 °/₀

Durée de séjour à 750° =	2′	Résistivité :	18,33	microhmsc³
— — —	10′	—	28,32	—
Durée de séjour à 950° =	2′	—	34,75	—
— — —	10′	—	36,11	—

1. *Bull. de la Soc. d'Encourag. pour l'Industrie nationale*, août-sept. 1914, p. 207.

Ces derniers chiffres montrent l'influence de la température de chauffage. — Avec un temps plus prolongé à 750°, on aurait eu une résistivité plus élevée, si des perturbations n'avaient été apportées par des décarburations superficielles très difficiles à éviter.

De ce fait doit être rapproché le phénomène que nous a signalé M. Chévenard : immédiatement après le crochet correspondant à la transformation A*c*, la courbe de dilatation d'un acier eutectoïde présente une anomalie étalée sur un intervalle de près de 50 degrés et qui semble bien se rattacher à la dissolution progressive de la cémentite dans le fer γ. En effet, cette anomalie est irréversible : quand l'acier a été porté un temps suffisant à une température assez élevée (800 à 850°), la dilatation est rigoureusement réversible dans tout le domaine de l'état stable à chaud, c'est-à-dire pour toute température supérieure à 700°.

Quand on adopte des chauffes de plus en plus lentes, l'amplitude de cette anomalie diminue, mais elle ne disparaît pas complètement, même pour les vitesses de chauffe de 50 degrés par heure. Ces observations de M. Chévenard, qui dénotent un retard à la dissolution de la cémentite, expliqueraient l'influence de la température de chauffe sur les phénomènes de trempe.

Pour les aciers spéciaux à carbure, le phénomène est beaucoup plus net et peut même être suivi parfois par l'essai de dureté à la bille, comme le prouve le tableau suivant :

Acier à C = 0,8 ; Cr = 10

Durée	de	chauffage	à 950° :	2′	Dureté	à la bille	= 573
—	—	—		10′	—	— —	586
—	—	—		30′	—	— —	615

Acier à C = 0,2 ; Tu = 5

Durée	de	chauffage	à 800° :	2′	Dureté	à la bille	= 216
—	—	—		10′	—	— —	246
—	—	—		30′	—	— —	284

Les observations micrographiques ne permettent guère de suivre le phénomène qu'avec les aciers spéciaux : on voit une disparition progressive du carbure.

La question de la plus ou moins grande rapidité de réaction peut avoir une importance considérable pour l'industrie ; des essais que nous avons récemment entrepris avec M. Godfroid et qui ne sont pas encore complètement terminés vont bien le prouver.

On sait tout l'intérêt que présentent les aciers à coupe rapide, aciers chrome-tungstène, renfermant souvent du vanadium, du molybdène, etc.

Ces aciers doivent être chauffés à très haute température pour la trempe, qui a lieu soit à l'air, soit à l'huile, soit au bain de plomb fondu ; pour avoir une bonne dureté, la trempe doit être suivie d'un revenu ; nous en expliquerons ultérieurement le rôle important.

La température élevée de trempe est nécessaire pour avoir le point de transformation au refroidissement situé à basse température ; cela est dû, sans nul doute, à une difficulté de mise en solution du carbure. Par contre, si l'opération de trempe est ainsi difficile, l'opération de recuit, c'est-à-dire en somme la perte des propriétés acquises par trempe, est difficile aussi. Donc on peut porter l'acier à température plus élevée sans lui faire perdre les qualités acquises dans le brusque refroidissement.

C'est bien ce qu'indique l'expérience : un acier à coupe rapide correctement trempé peut travailler jusque vers 500° sans avoir à redouter une perte de coupe qui, dans les aciers ordinaires, se produit dès 200°. On peut donc avec un tel outil produire des passes plus profondes, dans le travail des métaux, agir à des vitesses plus grandes.

Voici, par exemple, les résultats auxquels on peut prétendre :

Un acier à C = 0,65 ; Cr = 3,5 ; Tu = 18 ; Va = = 0,8, trempé à 1.275° dans l'huile et revenu à 580° pendant 30′ dans le plomb fondu, possède une dureté après trempe telle que le diamètre de l'empreinte = 26 ; et après revenu = 24,5. Il donne à l'essai Taylor (vitesses maxima rendant l'outil, de la forme déterminée par Taylor, inutilisable au bout de 20 minutes) sur acier demi-dur, trempé et revenu (R = 100 kgr.) : profondeur de passe : 1,5 mm. ; avance par tour de l'outil : 0,38 mm. ; vitesse linéaire de la barre maximum émoussant l'outil travaillant dans ces conditions après un travail de 20 minutes : 38 à 40 mètres.

Avec un acier ordinaire au carbone, toutes choses égales d'ailleurs, la vitesse n'aurait pas pu dépasser 18 mètres.

Mais la trempe faite à 1.300° dans le voisinage du point de fusion du métal est une opération dangereuse. Si elle peut se faire couramment sur des outils simples, comme ceux utilisés dans le tournage, elle est au contraire fort délicate, souvent nuisible, parfois impossible, avec des outils complexes, comme le sont notamment les fraises.

On peut alors se demander si la valeur de l'outil ne serait pas la même, si, au lieu de chauffer pendant un temps très court à 1.300°, on chauffait d'une façon prolongée à température plus basse, mais supérieure au point de transformation, par exemple à 1.000°. C'est sur ce point que portent nos essais. En voici les premières conclusions appuyées de quelques chiffres :

1° *Au point de vue dureté*, le chauffage à 950° pendant 40 minutes donne la même dureté que le traitement optimum. Celui-ci consiste dans une trempe à l'huile de colza, après chauffage de 20 minutes à 850°, suivi d'un autre chauffage de 3 minutes à 1.275°, cette trempe étant suivie d'un revenu de 30 minutes à 580° dans un bain de plomb.

Après trempe, on a : $\Delta = 532$; après revenu, $\Delta = 600$.

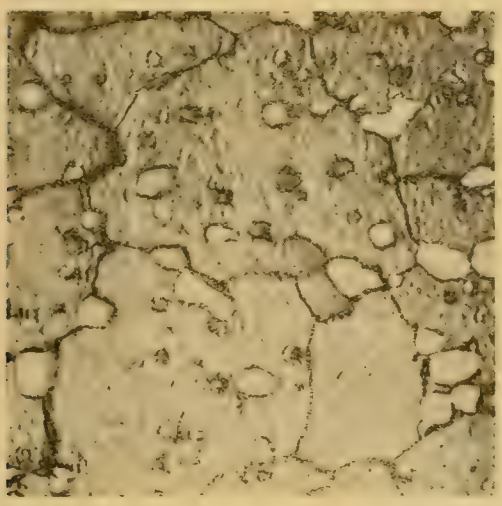


Fig. 45. — *Acier à coupe rapide chauffé à* 1.275° *pendant* 3' *et trempé à l'huile* (× 300).

Voici, en effet, les résultats sur un acier ayant pour composition : C = 0,68; Mn = 0,29; Tu = = 17,80; Cr = 4,30; Va = 0,94; Si = 0,15.

Durée de chauffage	Duretés après trempe à l'huile (sans revenu) à 950°	1.025°	1.100°
—	—	—	—
1'	512	532	590
3'	512	532	615
5'	512	532	615
15'	532	568	627
30'	578	600	600
40'	600	590	600
60'	600	590	600
90'	578	590	600

On note que, pour obtenir la dureté de 600, la durée de chauffage est d'autant plus faible que la température est plus élevée.

2° *Au point de vue structure*, il y a des différences très importantes entre les aciers traités possédant la même dureté, mais après des traitements différents. Le métal ayant subi la trempe à température de 1.275° (la température de trempe est d'autant plus basse, toutes choses égales d'ailleurs, que la teneur en tungstène est plus faible) présente de vastes polyèdres avec fond de martensite grossière et rassemblement des grains de carbure restant entre les polyèdres (fig. 45). Après revenu à 580°, la martensite se développe et l'on voit même des fers de lance colorés (fig. 46). Dans les aciers chauffés, même pendant une longue durée, à 950, 1.025 et 1.100°, on trouve des points de carbures, diminuant lorsque le temps

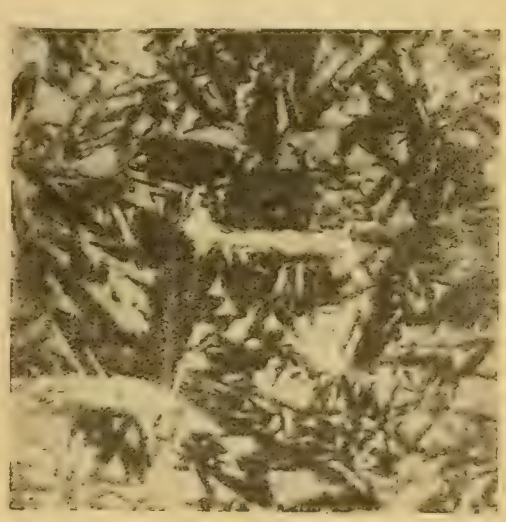


Fig. 46. — *Acier à coupe rapide chauffé à* 1.275° *pendant* 3', *trempé à l'huile et revenu pendant* 40' *à* 580° *au plomb* (× 300).

de chauffage et la température croissent; mais on ne voit jamais de polyèdres (fig. 47 et 48).

3° *Au point de vue rendement comme outils*, nous avons pratiqué l'essai de Taylor, défini

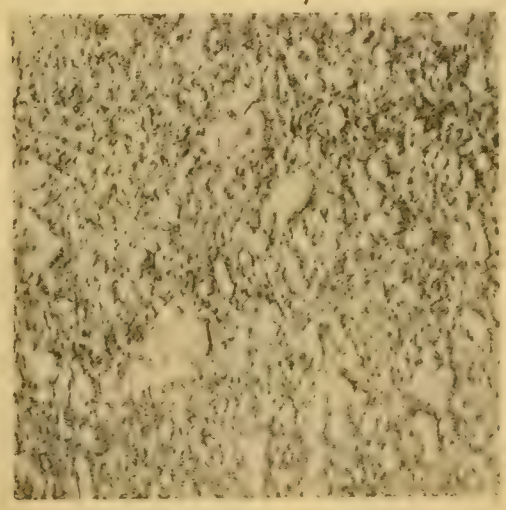


Fig. 47. — *Acier à coupe rapide, chauffé* 30' *à* 950° *et trempé à l'huile* (× 300).

comme il a été dit plus haut; les premiers résultats que nous avons obtenus sont fort précis : bien que les aciers présentent des duretés élevées ($\Delta = 600$), la vitesse atteinte dans l'essai n'a pas pu dépasser 20 mètres et est souvent descendue à 7 ou 8 mètres : les outils ainsi essayés ne

présentent donc pas d'intérêt. Toutefois une remarque très intéressante faite récemment au cours d'un meulage nous porte à croire que l'on

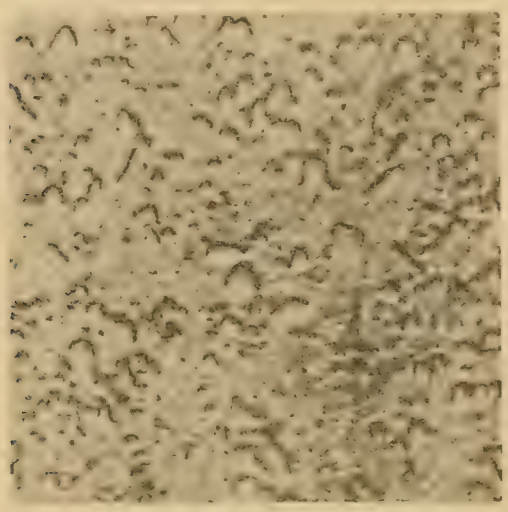


Fig. 48. — *Acier à coupe rapide, chauffé* 10′ *à* 1.100° *et trempé à l'huile* (× 300).

peut atteindre un rendement quasi-normal en modifiant légèrement le traitement; les essais

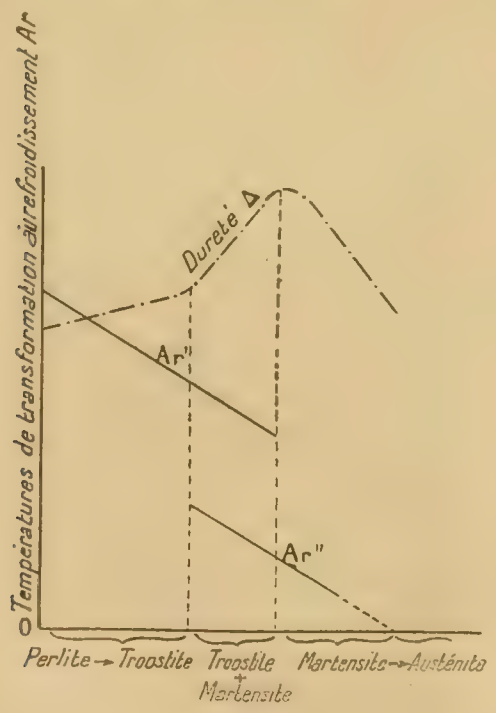


Fig. 49. — *Relations entre la dureté et les transformations des aciers.*

en cours nous permettront des précisions ultérieures.

Revenons maintenant aux aciers ordinaires : l'influence de la vitesse de refroidissement sur la position du point de transformation se traduit par des phénomènes analogues à ceux que nous venons de signaler; c'est ce qui découle des études de M. Chévenard, de MM. Portevin et Garvin. La vitesse de refroidissement allant en s'accentuant, on observe un abaissement peu accusé du point de transformation, puis un dédoublement, le point le plus bas étant situé vers 350°; celui-ci devient bientôt unique, et enfin il n'y a plus de transformation.

La dureté augmente peu dans la première phase; elle croît d'une façon très sensible dans la seconde; elle acquiert son maximum au début de la troisième, puis diminue, et cela de façon telle que, lorsque le point de transformation a disparu, la dureté peut même être inférieure à celle du métal initial.

Ceci peut être représenté par un schéma donné déjà par M. Portevin[1], mais dans lequel nous avons cru devoir accentuer les différences de dureté. On y notera les constituants dont nous parlerons plus loin (fig. 49).

§ 2. — Les tensions internes dans les produits trempés

Il faut bien distinguer, avec M. Portevin, deux sources de tensions : le fait de refroidir brusquement un métal peut amener des tensions sans qu'il y ait trempe au sens exact du mot. Ces tensions sont dues alors à un refroidissement plus rapide de la périphérie que du centre.

Ces tensions causées dans tout métal par un brusque refroidissement — sans passage par un point de transformation — doivent être d'autant plus importantes que le coefficient de dilatation est plus élevé et la conductibilité du métal plus basse.

En trempant un acier à une température un peu inférieure au point de transformation, on noterait ces tensions indépendantes des phénomènes de trempe.

Mais, si l'on chauffe un alliage ayant un point de transformation au-dessus de la température qui y correspond et si on le refroidit brusquement, la trempe ainsi faite peut singulièrement coopérer à la création de tensions internes.

Admettons, en effet, que le passage par le point de transformation au refroidissement se fasse avec augmentation de volume; c'est le cas de tous les aciers ordinaires, c'est le cas de la plupart des aciers spéciaux utilisés dans l'industrie, c'est aussi le cas des laitons, des bronzes et des bronzes d'aluminium correspondant aux constitutions eutectoïdes. Qu'arrive-t-il dans le brusque refroidissement? La périphérie de la pièce

1. *Chimie et Industrie*, t. II, page 1147; oct. 1919.

brusquement refroidie vient former une gaine invariable, une véritable frette s'opposant à la dilatation du centre du métal, qui, lui, se refroidissant plus lentement, va chercher à prendre son volume normal : ne pouvant le faire, le métal sera le siège de tensions analogues à celles que l'on observe dans les produits étirés.

Malheureusement, la mesure des tensions est difficile, pour ne pas dire impossible. Cependant M. Portevin[1] a étudié les tensions produites par le refroidissement à partir de températures relativement faibles dans des cylindres en acier et en divers autres produits métallurgiques. Pour cela il a mesuré au comparateur les variations de longueur accompagnant l'enlèvement à l'outil de couches concentriques. En admettant que, dans cette opération, les déformations soient purement élastiques, on peut calculer, d'après la variation de longueur, les tensions qui régnaient dans les différentes couches, et tracer ainsi la courbe représentant les efforts internes en fonction de la distance à l'axe du cylindre.

M. Portevin[2] a pu ainsi mettre en évidence l'effet d'un brusque refroidissement opéré au-dessous du point de transformation et de l'arrêt du revenu par immersion dans l'eau. Il a étudié l'influence de divers facteurs : température et durée d'immersion, nature et température du bain de trempe, diamètre des cylindres, etc.

La figure 50 montre l'influence de la durée d'immersion sur la répartition des efforts internes pour des cylindres d'acier d'un même diamètre. Ces efforts internes, dus au refroidissement, mettent en compression la surface et en extension les régions centrales, à l'inverse de ce qui a lieu pour les tensions dues à l'étirage à froid, lesquelles mettent la périphérie en extension[3]. Ces déterminations des tensions internes demandent des mesures fort délicates; elles réclament notamment que l'usinage des pièces soit fait sans échauffement. On comprend alors que les mesures sur des pièces réellement trempées et ayant acquis une très grande dureté se heurtent à des difficultés pratiques insurmontables, et cela est fort regrettable. Cependant on a pu étudier l'influence d'un réchauffage sur les tensions d'un métal trempé. M. Portevin, dans une série d'essais encore inédits, a pu montrer que cette destruction des tensions internes se poursuit graduellement jusqu'à être pratiquement complète vers 600-650°.

Bien que l'étude des tensions apportées par la trempe soit à peine commencée, les déterminations que nous venons de résumer montrent bien leur importance. De plus, il faut bien retenir que ces tensions sont déjà notables par un brusque refroidissement fait à partir de températures inférieures au point de transformation. Il y a donc là une modification mécanique indépendante des faits de trempe proprement dits.

Les résultats obtenus par M. Portevin sont, d'ailleurs, en accord complet avec ceux obtenus

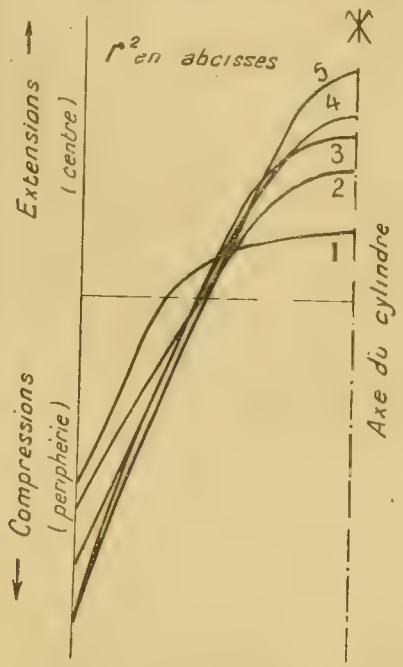


Fig. 50. — *Influence de la durée d'immersion sur la répartition des efforts internes.*

Durée d'immersion : 1, 1,5 sec.; 2, 3 sec.; 3, 5 sec.; 4, 8 sec.; 5, 13 secondes.

par M. Chévenard au laboratoire des Aciéries d'Imphy, dans l'étude de la viscosité des aciers à chaud : au delà du rouge sombre, les phénomènes visqueux acquièrent une intensité notable et, d'après la valeur des vitesses d'extension sous charges et températures constantes, on a pu calculer approximativement la rapidité de destruction des tensions internes. Dans le cas d'un acier nickel-chrome à 600°, cette réduction, d'après les essais de M. Chévenard, est pratiquement complète au bout de quelques secondes.

II. — Influence de la trempe sur la structure des produits métallurgiques

Nous avons vu qu'en somme il y a deux cas de trempe :

Ou le brusque refroidissement maintient l'état stable à température élevée et il n'y a pas d'augmentation de dureté; on note plutôt un adoucissement, — ou la trempe donne un métal qui paraît

1. *C. r. Acad. Sc.*, t. CLXVIII, p. 551 et 918.
2. *C. r. Acad. Sc.*, t. CLXIX, p. 955; nov. 1919.
3. *C. r. Acad. Sc.*, t. CLXVII, p. 1033; 1918.

participer et de l'état où il se trouvait à la température de chauffage, et de l'état normal à froid ; il il y a alors augmentation de dureté.

Dans l'un et l'autre cas, que devient la structure du métal? Ce sont ici des faits d'expérience que

Fig. 51. — *Exemple de solution solide* (× 47).

nous notons avant tout. Nous chercherons à les interpréter ensuite.

Rappelons qu'au point de vue microstructure

Fig. 52. — *Exemple de combinaisons. Cristaux de* SbSn (cubes) *et* Cu^3Sn (en étoiles) [× 200].

les constituants d'un produit métallurgique peuvent présenter les aspects suivants :

Un métal pur ou une solution solide forme des polyèdres à bords plus ou moins arrondis, et dont l'importance est fonction d'un grand nombre de facteurs, spécialement du traitement thermique subi (fig. 51).

Une combinaison affecte la forme de cristaux nets, d'un développement variable avec la vitesse de refroidissement, le mode de coulée, etc. Leur forme varie essentiellement : les unes se présentent en cristaux cubiques (ex. : SbSn), les autres en aiguilles (Cu^3Sn dans les bronzes et les anti-

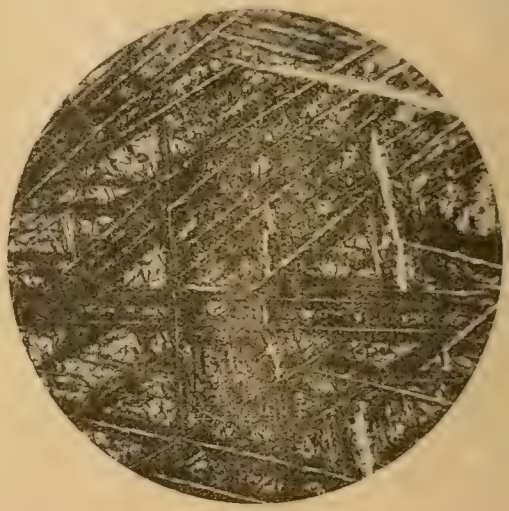


Fig. 53. — *Carbure de fer (cémentite) en aiguilles* (× 165).

frictions, Fe^3C dans les fontes et dans les aciers très cémentés) (fig. 52 et 53) ; certains en amas plus ou moins sphériques (Fe^3C (fig. 56) dans les aciers

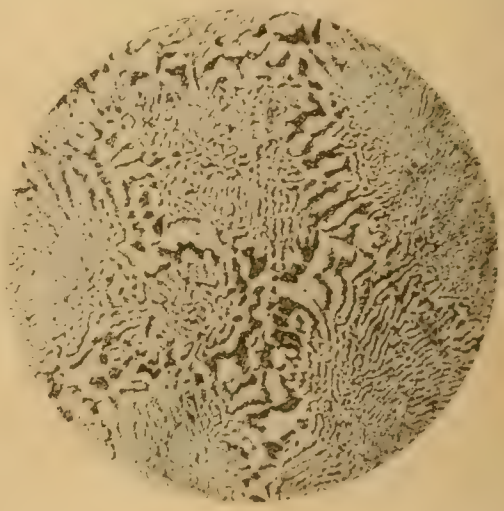


Fig. 54. — *Exemple d'eutectique : alliage* Pb-Sn (× 200).

hypereutectoïdes coalescés, Cu^2O dans les cuivres oxydés). Ces formes dépendent non seulement de la composition chimique du métal, mais aussi des circonstances qui président à la formation de ces combinaisons.

Signalons tout spécialement la constitution caractéristique de l'eutectique ou de l'eutectoïde qui, correspondant au dépôt simultané de deux

constituants, est formé de ces deux phases très entremêlées, soit à l'état lamellaire, soit à l'état granulaire (fig. 54, 55 et 56).

A titre documentaire, voyons ce qui va se passer pour un acier lorsqu'on le chauffe ou qu'on le trempe à température croissante :

Fig. 55. — *Perlite : eutectoïde de* Feα + Fe^3C (× 1.200).

Soit, sur le diagramme, un acier à 0,5 % de carbone (fig. 22, p. 478).

Tant que la température à l'échauffement n'a

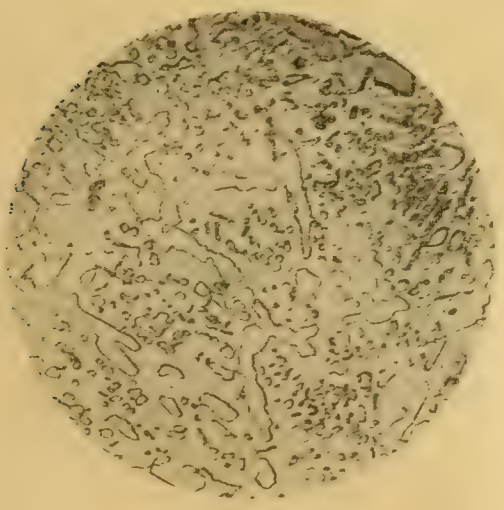


Fig. 56. — *Carbure de fer coalescé* (× 1.000).

pas atteint 700°, aucune transformation : il est et reste constitué, quelle que soit la température inférieure à 700°, de fer α et de Fe^3C, ce dernier corps en eutectoïde perlitique.

Entre 700° et environ 800°, le carbure de fer disparaît, le carbone entre en solution ; le métal est formé de fer α + solution fer γ-carbone.

Au delà de 800°, le fer α, élément proeutectoïde, a disparu complètement ; nous sommes en solution fer γ - carbone : sa constitution doit être polyédrique.

L'expérience permet d'établir les points suivants, relatifs à la structure de l'acier trempé :

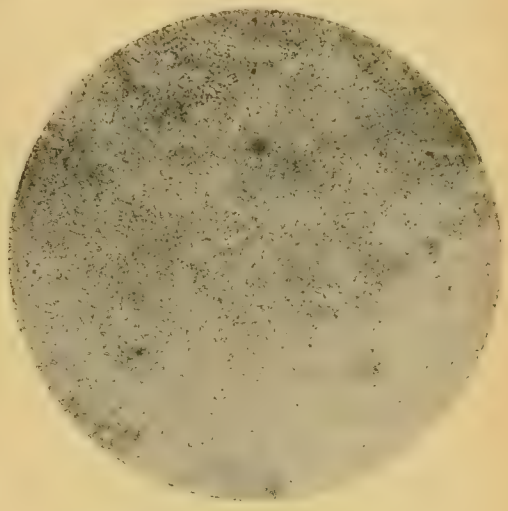


Fig. 57. — *Martensite fine* (× 165).

1° Si l'échantillon est de faible volume, si la vitesse de refroidissement est suffisante, si, enfin, la température de trempe dépasse peu le

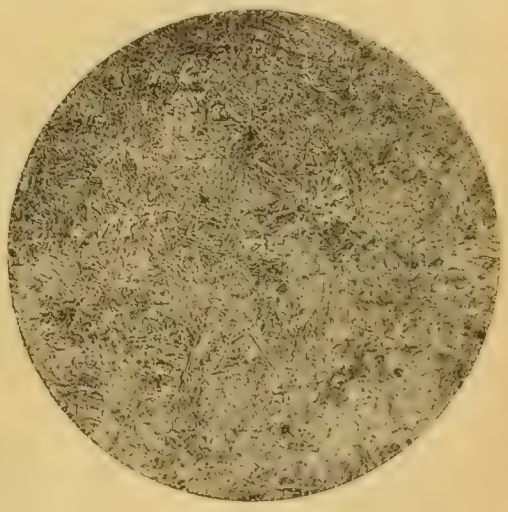


Fig. 58. — *Martensite grossière* (× 165).

point de transformation le plus élevé, l'acier présente la structure martensitique (fig. 57).

La martensite (dédiée par Osmond à Martens, directeur du Laboratoire de Grosslichterfelde) est caractérisée par des aiguilles extrêmement fines, rarement visibles sous des grossissements de 300 diamètres. Ces aiguilles affectent très

souvent les directions d'un triangle équilatéral. La martensite fine est la caractéristique du maximum de dureté.

Si, toutes choses égales d'ailleurs, on élève la température de trempe, tout en restant au-dessous du solidus, on note que les aiguilles de martensite deviennent plus grossières, plus visibles ; qu'elles sont même mélangées de taches blanches, et que la dureté moyenne de l'échantillon s'abaisse (fig. 58).

Bien mieux, si l'on augmente simultanément tous les coefficients qui semblent augmenter la trempe, notamment la température et la vitesse de refroidissement, on diminue le nombre des aiguilles, qui deviennent très grossières; les

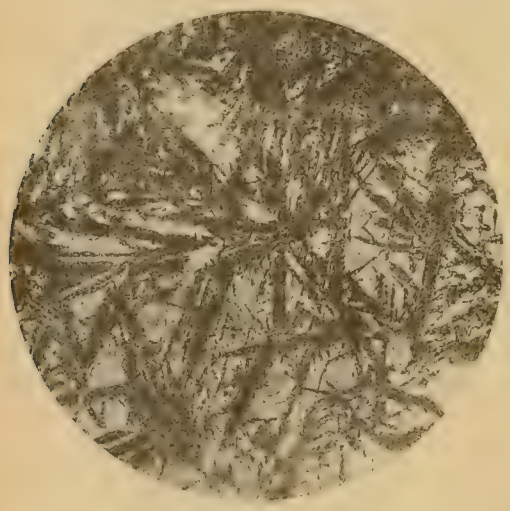


Fig. 59. — *Austénite (fond blanc) et Martensite* (×430).

taches blanches augmentent, elles envahissent tout le fond de la préparation et on note qu'elles se rayent à l'aiguille (fig. 59). Il y a donc là un nouveau constituant, caractéristique d'un acier trop trempé : c'est l'austénite, dédiée par Osmond au grand savant anglais Roberts-Austen (fig. 60). Elle présente, bien entendu, le même aspect que toute solution solide pure.

Mais, quelle que soit l'énergie de la trempe, on ne peut jamais, avec les aciers ordinaires, obtenir de l'austénite pure. M. Maurer l'a produite dans des aciers assez fortement chargés en manganèse (C = 1,9 ; Mn = 2,2).

Si maintenant nous trempons une pièce d'acier peu volumineuse dans des conditions où la vitesse de refroidissement est faible, nous voyons se produire non plus de la martensite pure, mais bien des aiguilles accompagnées de rognons se colorant très rapidement par l'acide picrique : c'est la troostite, dédiée par Osmond au professeur Troost, au laboratoire duquel il fit une grande partie de ses remarquables recherches (fig. 61). L'acier à troostite possède une dureté plus élevée que celle de l'acier recuit, formé de ferrite et de perlite, mais bien moindre que l'acier martensitique.

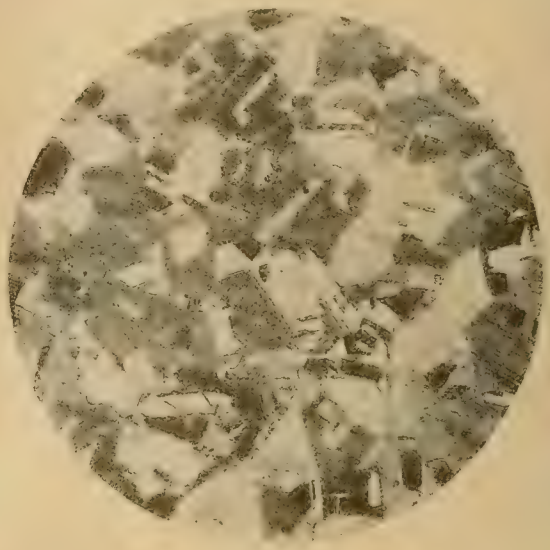


Fig. 60. — *Austénite pure* (×100).

Si l'objet soumis à la trempe est volumineux, nous observerons, même en nous plaçant dans les conditions de trempe optimum, une structure

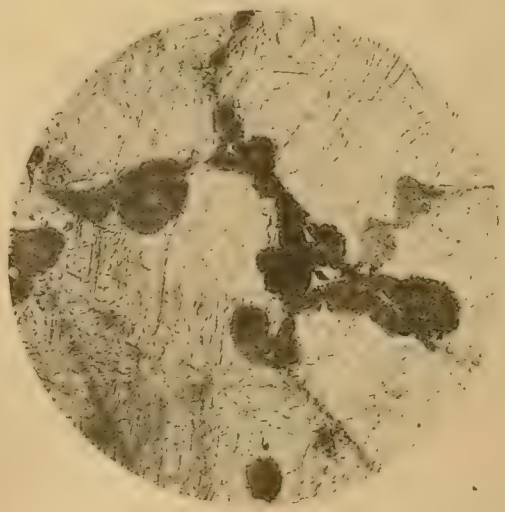


Fig. 61. — *Troostite et Martensite* (× 200).

variable de la périphérie au centre dans les conditions suivantes :

A l'extrême bord, de la martensite (qui pourra être mélangée d'une quantité plus ou moins grande d'austénite), de la martensite accompagnée de troostite, de la troostite, et enfin de la

perlite avec de la ferrite (cas d'un acier hypoeutectoïde).

On voit donc que la trempe d'un acier pourra produire trois sortes de constituants : l'austénite, la martensite et la troostite, la première ne pouvant pas être obtenue à l'état pur avec les aciers ordinaires.

Leurs caractéristiques peuvent se résumer de la façon suivante :

Martensite : constituant possédant, pour une teneur en carbone déterminée, le maximum de dureté, magnétique ; obtenu par trempe énergique, à une température un peu supérieure au

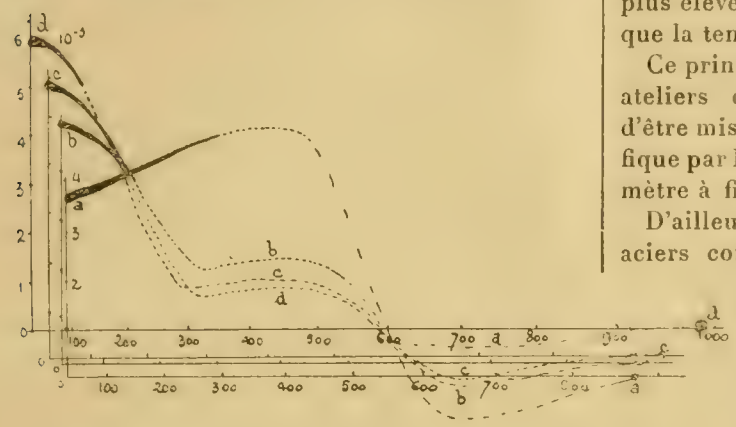


Fig. 62. — *Influence de la température de chauffage d'un acier à 0,49 °/₀ de C sur la position du point de transformation dans un mélange 1/3 H + 2/3 N.*

point de transformation le plus élevé ; apparaissant au microscope sous forme d'aiguilles très fines, parfois bien difficiles à distinguer.

Les propriétés de la martensite sont essentiellement variables avec la teneur en carbone de l'acier.

Austénite : constituant possédant une dureté moyenne (se raye à l'aiguille), et une très faible perméabilité magnétique ; dans les aciers ordinaires, toujours accompagné de martensite, dont les aiguilles se détachent sur le fond d'austénite.

Pure, l'austénite apparaît en polyèdres se colorant par les réactifs ordinaires acides, mais avec une vitesse bien moindre que la troostite, quoique plus rapidement que la cémentite (fig. 60).

Troostite : constituant de dureté un peu plus élevée que celle possédée par l'acier recuit qui l'a engendrée, mais bien moindre que celle présentée par la martensite à même teneur en carbone ; souvent accompagnée d'aiguilles de martensite ; se présentant fréquemment sous la forme d'amas arrondis ; se colorant avec une très grande rapidité par les réactifs acides ; ne pouvant pas être résolue en lamelles, même sous les plus forts grossissements.

Quel que soit l'acier trempé, ce sont ces trois constituants que nous pouvons rencontrer. Cependant nous noterons de suite les points suivants :

La martensite est souvent accompagnée de constituants proeutectoïdes : ferrite dans les aciers hypoeutectoïdes, cémentite dans les aciers hypereutectiques.

Pour transformer toute la masse d'un acier hypoeutectoïde en martensite — ce qui n'est possible que si la pièce possède un faible volume et si la vitesse de refroidissement est suffisante — il faut tremper à une température d'autant plus élevée au-dessus du point de transformation que la teneur en carbone est plus faible.

Ce principe, connu depuis longtemps dans les ateliers de constructions mécaniques, vient d'être mis en vue d'une façon tout à fait scientifique par M. Chévenard [1] au moyen de son dilatomètre à fils.

D'ailleurs, s'il est facile d'atteindre avec des aciers contenant plus de 0,5 % de carbone la vitesse de refroidissement nécessaire pour avoir des pièces de faible volume entièrement martensitiques, cela paraît impossible avec des aciers à teneur très faible en carbone : 0,1 % par exemple. Ces produits sont toujours incomplètement trempés, renfermant plus ou moins de ferrite.

Enfin l'addition de faibles teneurs de nickel, de manganèse, de chrome et de tungstène diminue énormément la vitesse qui est nécessaire pour avoir la trempe complète.

C'est en étudiant l'influence de la température de chauffage et du milieu gazeux où se trouvent plongés les fils sur la position des points de transformation au refroidissement que M. Chévenard a pu chiffrer le phénomène.

A titre d'exemple, nous donnons (fig. 62) un ensemble de courbes publiées dans ce très important travail : il a trait à l'influence de la température de chauffage d'un acier à 0,49 % de carbone sur la position du point de transformation dans un mélange 2/3 azote et 1/3 hydrogène.

Mais le point le plus intéressant à préciser est la relation absolument étroite qui existe entre la structure des aciers trempés et la position des points de transformation.

Nous avons vu que, suivant la vitesse de refroidissement et la température de chauffage, trois cas se présentaient dans la trempe :

1° Le point de transformation au refroidissement A_r est peu différent du point de transfor-

[1] *Revue de Métallurgie*, Mémoires, p. 68 ; janvier-février 1926.

mation à l'échauffement A_c, quoiqu'un peu abaissé ; il n'existe pas d'autres transformations pendant le refroidissement.

Dans ce cas, l'acier présente uniquement de la troostite.

2° La transformation est dédoublée ; on note un point A'_r vers 650°, position du point de transformation dans le cas précédent, et un point A''_r vers 300° ; on sait que, la vitesse de refroidissement allant en croissant, A''_r se développe au détriment de A'_r.

Dans ce cas, l'acier est formé de martensite et de troostite, et les proportions de ce dernier constituant sont d'autant plus faibles que le point A''_r est plus développé.

3° La transformation se passe en un seul point A''_r vers 300°.

L'acier est entièrement martensitique.

On peut enfin ajouter que, les conditions de trempe étant encore accentuées, la transformation A''_r, qui a atteint son maximum d'intensité au moment où A'_r disparaît, va en diminuant, accusant une tendance très nette vers une disparition complète : toutefois celle-ci, dans le cas des aciers ordinaires, ne se produit jamais.

Lorsque ainsi, par une exagération dans la trempe, la transformation A''_r est atténuée, la martensite devient plus grossière : elle apparaît mélangée de fer γ, et cela d'autant plus que A''_r est moins sensible.

Enfin, de toutes façons, les points A''_r sont bien moins accusés que si la transformation a lieu avec refroidissement lent ; il apparaît donc que dans la trempe la réaction réversible est incomplète.

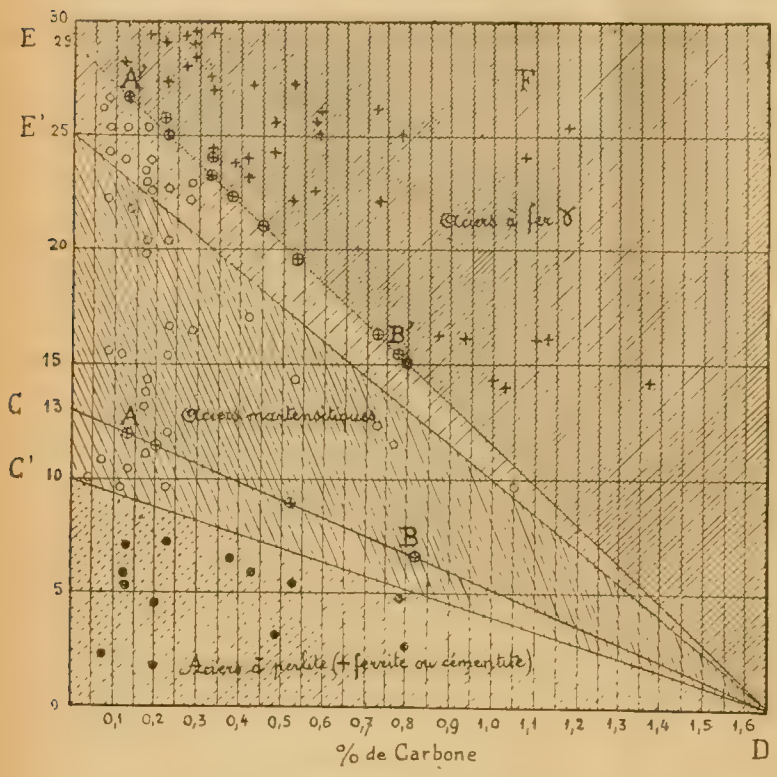


Fig. 63. — *Diagramme des aciers au nickel.*

ODC' = Zone perlitique. — CDC' = Zone de passage de la perlite à la martensite. — E'DC = Zone martensitique. — EDE' = Zone de passage de la martensite au fer γ. — F = Zone à fer γ.
Les signes portés sur la figure représentent les aciers essayés.

On voit donc clairement le lien remarquablement étroit qui lie : 1° les conditions de trempe (température de chauffage, vitesse de refroidissement) ; 2° la position des points de transformation au refroidissement ; 3° la structure des aciers trempés. Nous l'avons indiqué dans la figure 49.

Mais cette relation entre la structure et la position des points de transformation, nous la retrouvons plus nette, plus facile à saisir, plus évidente encore dans les aciers spéciaux.

Osmond, le premier, a montré que les aciers au nickel, refroidis normalement, présentent, suivant la teneur en nickel, trois sortes de structures : ils sont perlitiques, martensitiques ou polyédriques.

Reprenant cette importante question d'une façon plus détaillée, nous avons cherché[1] notamment à préciser l'influence du carbone sur la structure, les relations entre la structure et les propriétés mécaniques, et enfin la façon dont se faisait le passage d'une structure à l'autre ; puis, portant nos études sur l'influence des autres éléments, manganèse, chrome, tungstène, molybdène, vanadium, aluminium, étain, cobalt, nous avons été conduit à une classification des aciers spéciaux essentiellement basée sur la structure.

On doit distinguer les aciers perlitiques, martensitiques, polyédriques, à carbure et à graphite, les derniers ne présentant pas d'intérêt industriel.

Le passage d'une structure à l'autre dépend de la teneur en éléments ajoutés et de la teneur

1. Nos Mémoires sur les Aciers spéciaux ont tous été publiés dans la *Revue de Métallurgie*, à l'exception des premiers, parus avant la création de cette Revue par M. Henry Le Chatelier ; ceux-ci ont été donnés dans le *Bull. de la Soc. d'Encourag. pour l'Industrie nationale* (aciers au nickel, aciers au manganèse).

en carbone (exception faite, pour ce dernier point, des aciers au silicium).

A titre d'exemple, nous reproduisons ici (fig. 63)

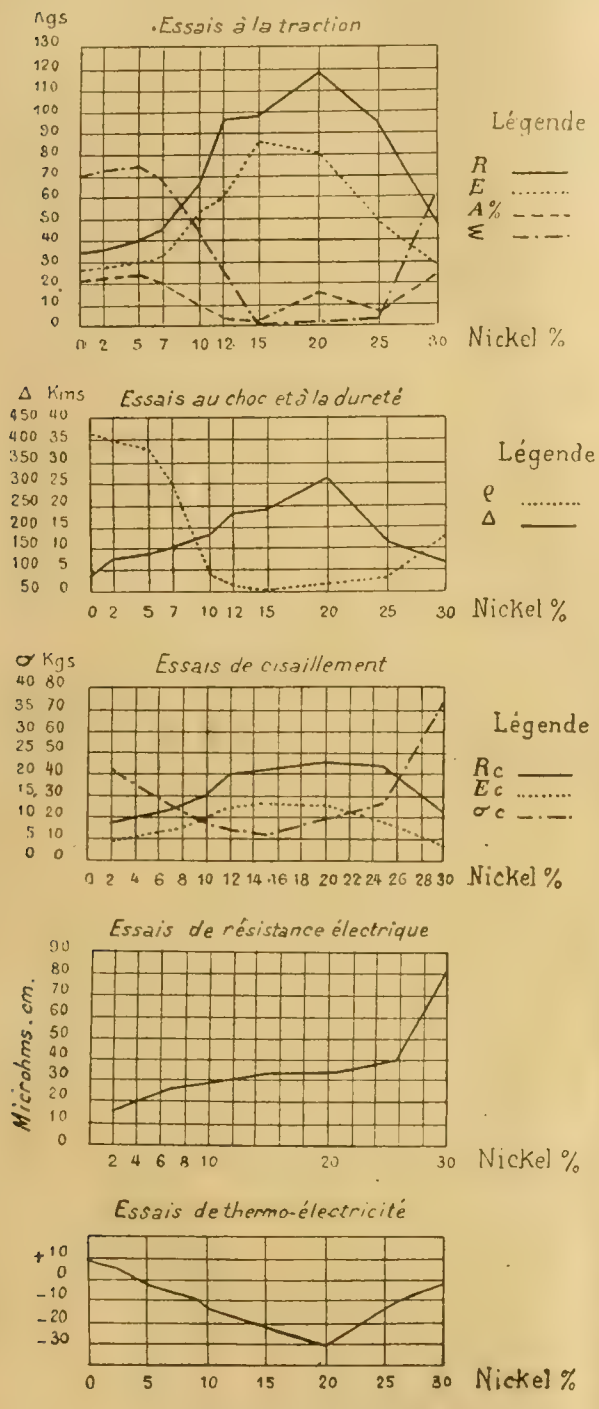


Fig. 64. — *Résultats des essais de traction, choc et dureté, cisaillement, résistance électrique, et thermo-électricité d'une série d'aciers au nickel.*

le diagramme des aciers au nickel, montrant la relation qui existe entre la structure et les teneurs en carbone et en nickel. D'autre part, la figure 64 donne les résultats des essais de traction (R, E, A °/₀ et Σ), de choc, de dureté, de cisaillement, de résistance électrique et de thermo-électricité pour une série d'aciers tous à environ 0,120 °/₀ de carbone et à teneur en nickel allant de 0 à 30 °/₀. On voit très bien les variations assez brusques qui se produisent pour diverses propriétés à certains changements de structure.

D'une façon générale, on peut dire que :

à la structure perlitique correspondent des propriétés peu différentes de celles des aciers ordinaires à même teneur en carbone, avec parfois quelque amélioration;

à la structure martensitique correspondent toujours une grande fragilité, une dureté très élevée, une haute limite élastique;

à la structure polyédrique correspondent toujours une résilience et une ductilité remarquables, une faible limite élastique, une charge de rupture moyenne.

Enfin la présence de graphite ou de carbure annonce une grande fragilité, qui ne s'accompagne pas toujours de faibles allongements dans l'essai de traction, comme on le verra plus loin dans les résultats donnés par les aciers au vanadium.

Voici quelques-uns des résultats obtenus avec les aciers au nickel et les aciers au manganèse :

TABLEAU I. — **Aciers au Nickel**

STRUCTURE	COMPOSITION		ESSAI DE TRACTION			Essai de choc Résilience
	C	Ni	R	E	A °/₀	
Perlitique	0,07	2,23	35,9	29,5	23	35,5
	0,125	5,23	41,0	30,3	23	32
	0,125	*7,13*	*45,0*	*33,1*	*23*	*24*
Perlite-Martensite	*0,132*	*10,10*	*65,1*	*52,6*	*8*	*3*
	0,125	12,0.	96,0	61,6	3,5	1
	0,110	15.17	97,9	86.0	0,5	0
Martensitique....	0,176	20,40	119,7	82,7	15	1
	0,160	*25,85*	*97,0*	*47,2*	*5*	*5*
Fer-Martensite...	0,120	30,00	45,0	29,5	25,5	12,5

TABLEAU II. — **Aciers au Manganèse**

STRUCTURE	COMPOSITION		ESSAI DE TRACTION			Essai de choc Résilience
	C	Mn	R	E	A °/₀	
Perlite	0,08	0.43	37.6	27,8	22	38
	0.27	1.29	42.5	28,2	24.5	39
	0.10	1.72	49.7	28.6	17.5	36
	0.23	2.15	55.7	40.7	15.5	28
	0.06	4.20	43.7	30.8	21.5	34
Perlite-Martensite	0,27	5.60	71.9	71.9	0.2	3
	0,03	6,14	118,3	84.3	0.2	3
Martensite	0,17	10,51	96,4	48,9	4	4
Martensite-Fer...	0.16	12.92	65.5	30,0	3,5	12
	0,11	20.88	91,9	35.4	20,5	25
Fer	0.39	33.48	61,4	34,2	45	28

Le tableau suivant donne la relation entre la structure et les propriétés mécaniques pour quelques aciers au chrome :

TABLEAU III. — **Aciers au Chrome**

STRUCTURE	COMPOSITION		ESSAI DE TRACTION			Essai de choc Résilience
	C	Cr	R	E	A %	
Perlite.....	0,04	0,90	35,4	22,6	25	32
	0,05	1,20	56,5	42,9	14	20
	0,21	4,50	60,3	56,5	15,5	25
Perlite-Martensite	0,07	7,84	150,6	99,7	3,5	9
Martensitique ...	0,11	9,14	143,1	129,6	2	10
	0,15	10,14	139,3	101,7	1	9
	0,14	13,60	86,6	50,4	1,5	3
	0,38	14,52	100,1	89,3	2	3
Carbure.....	0,21	22,06	65,7	49,5	13	2
	0,24	25,30	57,3	40,1	17,5	1
	0,46	31,75	57,5	43,3	12	1

Nos recherches établirent l'influence de certains éléments, encore bien peu connue, notamment l'action du vanadium, dont des doses très faibles, 0,5 à 1 %, ont un intérêt réel sur les propriétés du métal trempé, tandis que des doses plus élevées sont très nuisibles, par suite de la formation d'un carbure très difficilement soluble dans le fer. La conséquence pratique est qu'au-dessus d'une certaine teneur en vanadium, les aciers ne prennent plus la trempe.

Ceci est nettement mis en vue dans le tableau suivant, reproduisant quelques-uns des résultats obtenus :

TABLEAU IV. — **Aciers au Vanadium**

C	Va	Etat	Charge de rupture	Allongement %	Résilience
0,14	0,75	recuit	57,5	15,5	19
		trempé	73,1	17,5	11
0,11	1,04	recuit	61,1	15	20
		trempé	95,6	12	12
0,13	7,3	recuit	43,8	30	2
		trempé	42,5	30	3

Il y a donc des aciers qui ne prennent pas la trempe, le carbure formé ou le graphite ne se dissolvant pas ou très mal dans le fer γ. C'est là l'explication du fait mis en vue dès le début de cette étude pour des aciers contenant certaines proportions de vanadium, d'aluminium ou de silicium. Donc ici encore, dans les aciers spéciaux, nous trouvons une remarquable concordance entre points de transformation, structures et propriétés.

Mais jusqu'ici nous n'avons guère parlé que de la trempe des alliages de fer. Que se passe-t-il, au point de vue structure et propriétés, dans les autres produits métallurgiques présentant des points de transformation ?

III. — LA TREMPE DES PRODUITS MÉTALLURGIQUES AUTRES QUE LES PRODUITS SIDÉRURGIQUES

§ 1. — Généralités

Disons de suite que l'étude des phénomènes de trempe dans les produits métallurgiques autres que les produits sidérurgiques a été beaucoup moins approfondie que celle des phénomènes présentés par les aciers, et cela non pas seulement parce que les premiers offrent un intérêt industriel primordial, mais aussi de ce

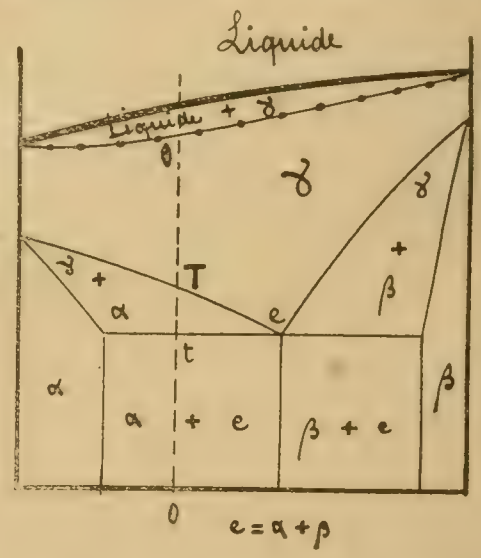


Fig. 65. — *Diagramme d'un alliage à eutectoïde formé de deux solutions solides.*

fait que les réactions dans le solide sont beaucoup moins accusées dans les alliages autres que ceux à base de fer.

Néanmoins, des recherches très récentes sur certains produits semblent bien indiquer une concordance remarquable dans ce qui se passe dans la trempe de tous les produits métallurgiques.

Reprenons le cas de l'eutectoïde développé plus haut; supposons-le formé de deux solutions solides (fig. 65).

Un alliage de composition o, chauffé à une température supérieure à T, formé de la solution γ, donnera au refroidissement lent $\alpha + \beta$, plus exactement α + eutectoïde α-β.

Si l'on refroidit l'alliage avec une vitesse suffisante, et d'ailleurs variable avec la composition, à partir de cette température T, il se produira généralement un constituant absolument analogue à la martensite, caractérisé par des aiguilles

plus ou moins fines, dirigées très souvent suivant les trois côtés d'un triangle équilatéral et correspondant toujours au maximum de dureté que peut présenter le produit après trempe.

Si la vitesse de refroidissement est très grande, et la température de trempe voisine de θ (point du solidus), le produit trempé pourra ou bien être formé de la solution γ pure, ce qui correspondra au maintien intégral à la température ordinaire de l'état stable à température élevée, ou bien être formé d'un mélange de cette solution et de martensite.

Enfin, on peut aussi observer un constituant se colorant aisément, impossible à résoudre en plusieurs éléments au microscope et qui correspond à une dureté intermédiaire entre celle du même produit à l'état martensitique et à l'état recuit. Il prend naissance lorsque la vitesse de refroidissement est relativement faible.

D'autre part, si la température de trempe est comprise entre t et T, on note une transformation partielle du métal ; il subsiste une certaine quantité de l'élément proeutectoïde α.

Bien entendu, un raisonnement analogue indiquerait ce qui se passerait dans la trempe des autres alliages, notamment de ceux constitués à la température ordinaire par les solutions pures α et β.

Tout ce que nous venons de dire peut évidemment subir des changements importants avec les catégories d'alliages et surtout avec la position du point eutectique dans l'échelle des températures. Ainsi que nous l'avons déjà dit, si l'horizontale *ab* est située assez bas dans l'échelle des températures, les résistances passives offertes par le métal peuvent être telles que le métal soit naturellement trempé.

§ 2. — Les Laitons

C'est ce qui arrive dans les laitons (voir fig. 21, page 477) où l'eutectoïde α-γ, qui correspond à 53 % de cuivre, a son point de transformation à 475°.

Pendant fort longtemps, on a ignoré cet eutectoïde, qui n'a été mis en vue que par des recherches de Carpenter et Edwards [1], s'appuyant sur l'analyse thermique. Mais ces auteurs ont regardé cet eutectoïde comme non résolu : un alliage à 52,1 % de cuivre chauffé pendant six semaines à 445°, formé du constituant noir, n'a indiqué aucune formation de α-γ. Le constituant appelé β apparent peut être regardé, au point de vue structural au moins, comme un constituant analogue à la troostite.

Les transformations obtenues par trempe dans les laitons peuvent être résumées de la façon suivante :

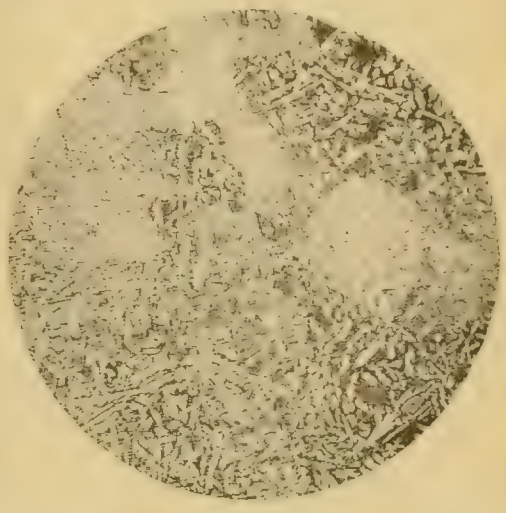


Fig. 66. — *Laiton* (Cu = 58 ; Zn = 42), *brut de fonderie* (× 47).

a) *Au point de vue structure*, les laitons formés de la solution α et du constituant non résolu (β apparent), lesquels industriellement

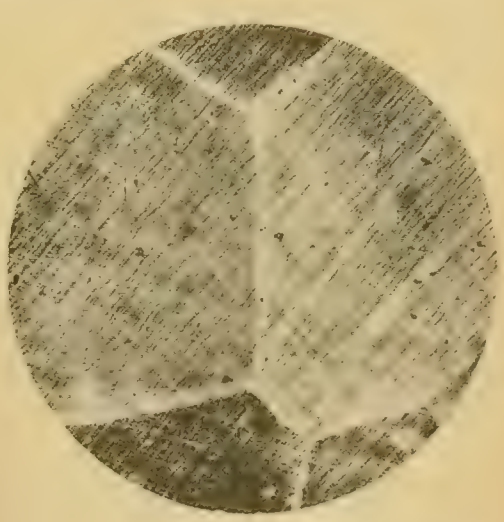


Fig. 67. — *Laiton* (Cu = 58 ; Zn = 42), *trempé à 825°, non revenu* (× 47).

renferment entre 55 et 63 % de cuivre (à moins de renfermer d'autres métaux que cuivre et zinc, notamment du nickel), trempés au-dessus de 475°, voient diminuer la teneur en α, tandis que le constituant qui rappelle la troostite, le β, prend plus d'importance, mais en changeant d'aspect : il devient beaucoup moins attaquable (fig. 66 et 67).

1. Carpenter et Edwards : *Institute of Metals*, janvier 1911. — Carpenter : *Institute of Metals*, janvier 1912 ; *Revue de Métallurgie*, 1913, Mémoires, p. 451.

Il y a bien une tendance très nette vers le β pur; cependant, dans l'interstice des grains, il reste toujours un peu de $\alpha + \beta$, à l'état très divisé. Ce fait est assez curieux (fig. 68 et 69).

D'autre part, les laitons renfermant de 63 à

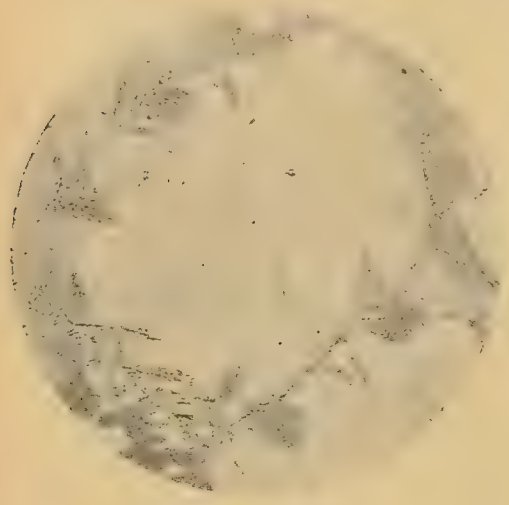


Fig. 68. — *Laiton* (Cu = 60; Zn = 40), *trempé à* 850° *dans l'eau* (× 47).

72 % de cuivre sont formés de α à la température ordinaire ; à température élevée, ils renferment $\alpha + \beta$. La trempe de ces laitons correspond à la formation d'un peu de β (fig. 70 et 71).

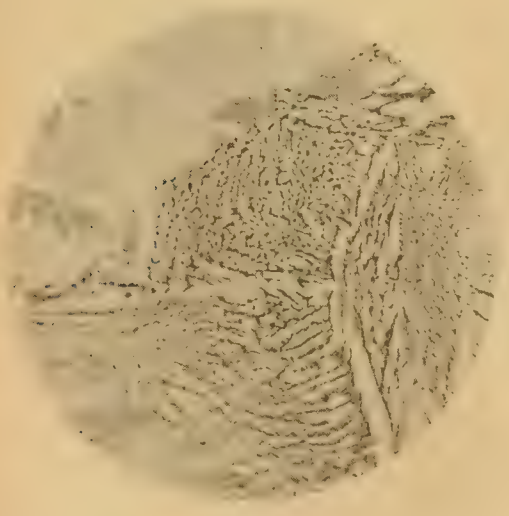


Fig. 69. — *Laiton* (Cu = 60; Zn = 40), *trempé à* 850° *dans l'eau* (× 430).

Il y a donc tendance au maintien de l'état stable à température élevée.

b) Au point de vue propriétés mécaniques, voici les résultats que nous avons trouvés dans des recherches effectuées en 1914 [1] et donnant

1. GUILLET : *Revue de Métallurgie*, 1914, Mémoires, p. 1128.

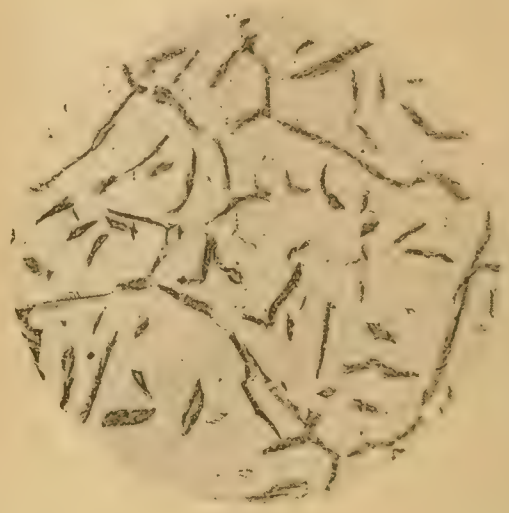


Fig. 70. — *Laiton* (Cu = 65; Zn = 35), *trempé à l'eau à* 850°; *un peu de* β (× 165)

les chiffres de Brinell sous une charge de 3.000 kg. et avec une bille d'un diamètre de 10 mm.

TABLEAU V. — **Dureté des laitons trempés**

Teneur en métal Cuivre %	Recuit à 750°	Métal trempé à l'eau après chauffage à une température de :					
		420°	520°	620°	720°	820°	850°
56	126	134	136	121	124	126	Cassé
58	109	102	116	124	131	128	135
60	88	92	94	101	114	134	137
62	81	82	84	82	100	115	110
65	59	62	60	63	63	76	81
70	59	63	62	61	62	56	57

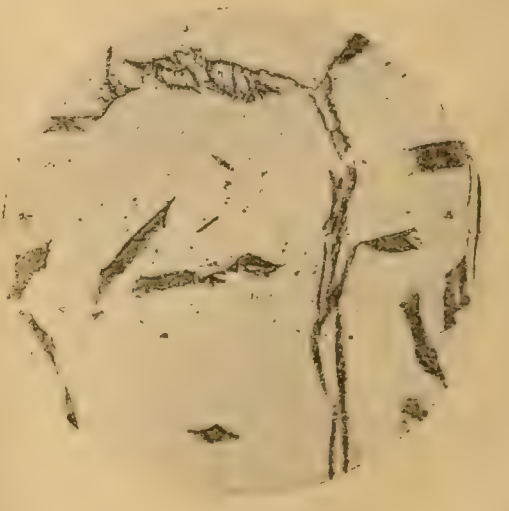


Fig. 71. — *Laiton* (Cu = 65; Zn = 35), *trempé à l'eau à* 850°, *un peu de* β (× 430).

Des expériences nouvelles nous ont indiqué qu'un laiton formé de β apparent pur (Cu = 55) durcit très peu par trempe ; en effet, nous avons obtenu les résultats suivants :

Recuit			Δ : 111
Trempé à 650° après chauffage de 10′			: 119
—	750	—	118
—	850	—	118

On voit que :

1° La trempe augmente généralement la dureté des alliages. Cette augmentation atteint au maximum 36 unités Brinell, soit une augmentation de la charge de rupture d'environ 18 kg. Mais le plus souvent, elle est faible ; pour le laiton à 56 % de cuivre, elle n'est que de 10 unités Brinell. Les laitons formés de β apparent pur ne sont pas modifiés.

2° La variation de dureté est d'autant plus accusée que, tout en étant dans la zone $\alpha + \beta$ apparent, on est plus riche en cuivre et partant plus riche en α.

3° La température nécessaire pour obtenir le maximum de dureté dans les laitons $\alpha + \beta$ apparent est d'autant plus élevée que le laiton est plus riche en cuivre.

4° Les laitons formés de la solution α à une teneur en cuivre inférieure à 70 % durcissent légèrement par trempe, — par transformation partielle de α en β.

Tout ceci est en concordance parfaite avec le diagramme, et l'on conçoit que si l'eutectoïde est non résolu, si les alliages contenant cette espèce de troostite sont quasi-trempés, la trempe leur apporte une faible transformation, d'autant plus que l'on maintient l'état stable à température élevée.

Des expériences en cours nous permettent d'indiquer un point spécialement intéressant :

M. Carpenter[1] a étudié l'action de différents éléments sur le constituant apparent des laitons ; il a notamment montré que l'addition de nickel permet de résoudre l'eutectoïde.

Ce fait, nous l'avons retrouvé très nettement dans l'étude nouvelle que nous terminons sur les laitons au nickel (fig. 72). Mais nous avons déterminé les points de transformation de ces alliages et nous avons noté que le nickel les relève. Voici quelques chiffres à ce sujet :

Cu	Zn	Ni	Titre fictif	Points de transformation : Echauffement	Points de transformation : Refroidissement
60	40	0	Cu = 60	445 et 780	740 et 450
55	45	0	Cu = 55	445	450
46,35	43,16	10,35	Cu = 58,5	660 et 810	760 et 660
40,46	44,65	14,42	Cu = 57	470 et 730	730 et 375
46	54	0	Cu = 46	450	450
40	60	0	Cu = 40	450	450

1. *Institute of Metals*, t. VIII, p. 59 ; 1912.

Il y a donc concordance fort intéressante entre ces deux faits : l'addition de nickel permet de résoudre l'eutectoïde et relève le point de transformation.

c) Au point de vue résistance électrique[1], les résultats obtenus par M. Portevin sur un laiton à 50 % Cu et 49,8 % Zn ont été les suivants :

Brut de coulée	4,6 microhms : cm³
Trempé à 550°	5,2
Recuit	5,0
Trempé à 750°	5,8

La résistance électrique est donc augmentée par trempe.

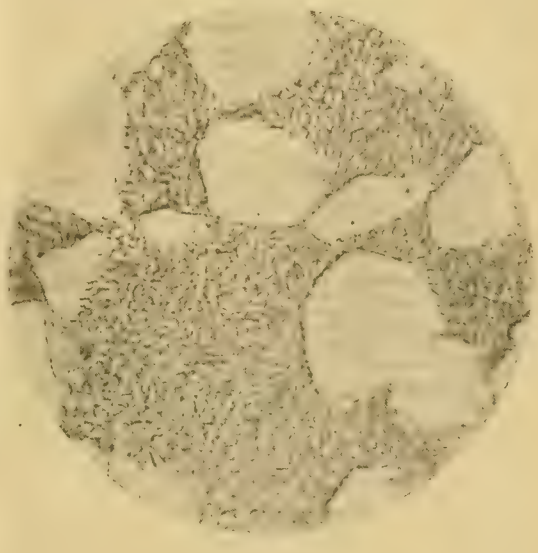


Fig. 72. — *Laiton au nickel : Eutectoïde* (× 900) ($\alpha + \gamma$ *résolu*).

§ 3. — Les Bronzes

Pour les alliages de cuivre et d'étain, la question est beaucoup plus complexe ; il suffit de se reporter au diagramme que nous avons précédemment indiqué pour s'en rendre compte (fig. 24, page 480).

Voici ce que l'on peut dire, en quelques mots, sur les modifications connues :

a) Au point de vue structure, la trempe des alliages renfermant entre 73 et 86 % de cuivre, lesquels sont constitués à température ordinaire par les deux solutions solides $\alpha + \delta$, fait apparaître le constituant β, lorsque la température dépasse 505°. On note que, d'après le diagramme même, il y a fort peu d'alliages qui donnent du β pur, à température élevée. La plupart contiennent de l'α (fig. 73, 74 et 75 et fig. 76 et 77).

L'eutectoïde se transforme au-dessus de 525° et l'on obtient, comme l'ont montré Heycock et Neville[2], le constituant α qui apparaît généralement

1. Portevin : *C. r. Acad. Sc.*, 1912, t. CLV, p. 439.
2. Heycock et Neville : *Proc. of the Royal Society*.

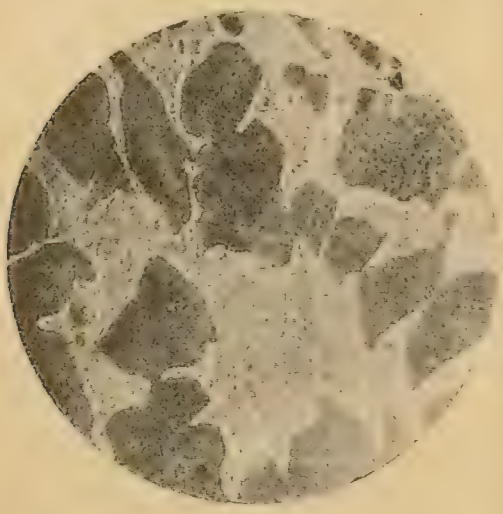


Fig. 73. — *Bronze* (Cu = 80; Sn = 20), *brut de fonderie* (× 500).

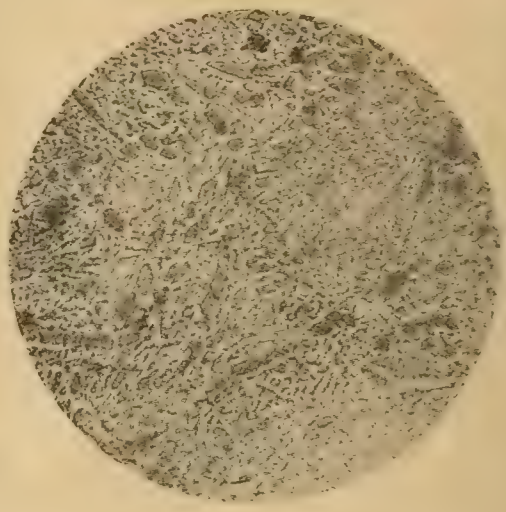


Fig. 76. — *Bronze* (Cu = 75, Sn = 25), *brut de fonderie* (× 500).

Fig. 74. — *Bronze* (Cu = 80; Sn = 20), *trempé à* 600° (× 200).

Fig. 75. — *Bronze* (Cu = 80; Sn = 20), *trempé à* 600° (× 500).

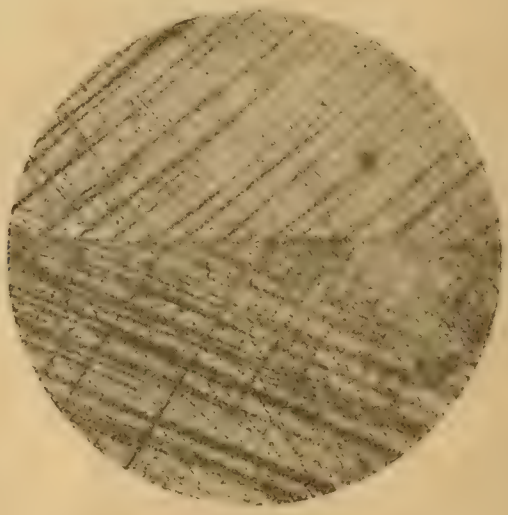


Fig. 77. — *Bronze* (Cu = 75; Sn = 25), *trempé à* 700° (× 200).

en noir uniforme dans l'attaque au perchlorure de fer ; en réalité, on doit se trouver alors en présence d'une troostite. Toutefois, on obtient le plus souvent des aiguilles très fines rappelant tout à fait la martensite ou plutôt les slipbands du fer γ (fig. 74, 75 et 77).

b) *Au point de vue des propriétés mécaniques*, nous avons indiqué que l'on augmentait la charge de rupture et les allongements simultanément.

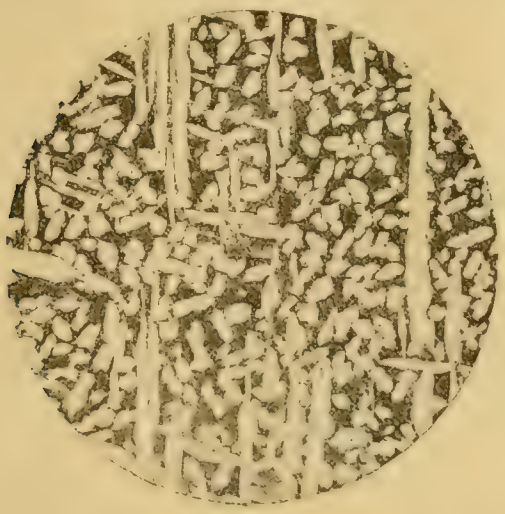


Fig. 78. — *Bronze d'aluminium* (Cu = 90 ; Al = 10), *brut de forgeage* (× 110).

La dureté diminue par trempe ; voici les résultats de récents essais :

Cu	Sn	Températures de trempe : 400°	500	600	700
—	—	—	—	—	—
80	20	207	174	156	170
75	28	277	269	190	190

c) *Au point de vue résistance électrique*, M. Portevin [1] a obtenu les variations suivantes :

Cu	Sn	Résistance spécifique en microhms-cm³ : Barreaux recuits	Barreaux trempés
—	—	—	—
94,80	5,08	10,5	10,5
89,54	10,02	15,8	16,6
85,45	14,42	20,2	21,2
80,22	19,16	25,9	27,0

Seul, le premier de ces alliages, qui n'est pas dans la région de l'eutectoïde, ne présente pas de variation dans sa conductibilité électrique.

§ 4. — Bronzes d'aluminium

Les alliages de cuivre et d'aluminium constituent un exemple bien plus frappant de l'analogie entre la trempe des produits sidérurgiques et celle des alliages de cuivre.

Ici l'eutectoïde est très bien résolu, et l'influence du traitement est entièrement comparable à celle connue pour les aciers.

1. Portevin : *C. r. Acad. Sc.*, t. CLV, p. 459 ; 1912.

a) *Au point de vue structure*, la température de trempe allant en croissant à partir de 550° qui correspond à l'eutectoïde, on voit disparaître l'eutectoïde, puis l'élément proeutectoïde, en l'occurrence la solution α.

Fig. 79. — *Bronze d'aluminium* (Cu = 90 ; Al = 10), *trempé à l'eau à* 800° (× 110).

Lorsqu'on trempe dans la région de γ pure, région assez étroite, on a de la martensite pure, très fine si la température est voisine de la

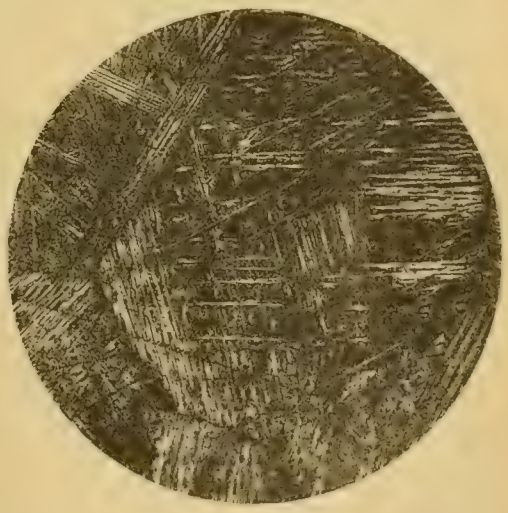


Fig. 80. — *Bronze d'aluminium* (Cu = 90 ; Al = 10), *trempé à* 850°.

limite inférieure de la région, grossière si la température est voisine du solidus — qui, pour cette région, se confond à peu près avec le liquidus (fig. 78 à 80).

b) *Au point de vue propriétés mécaniques*, le durcissement du métal trempé de façon à obtenir la structure martensitique est extrêmement accusé :

Rappelons l'exemple déjà cité de l'alliage à 10,1 % d'aluminium [1] ; nous avons obtenu :

	R	A °/₀
Métal brut de coulée....	24,9	20
Métal trempé à 750°	33,9	17,5
Métal trempé à 850°.....	35,3	7

MM. Portevin et Arnou [2] ont étudié ultérieurement la même question ; voici les résultats qu'ils ont publié sur le métal laminé (il s'agissait de tôles) :

	Cu = 89,84 · Al = 9,95				Cu = 88,80, Al = 10,02, Mn = 1,11			
	R	A°/₀	Δ	φ	R	A°/₀	Δ	φ
Métal recuit	49	14	125	3,5	48,5	13	120	3,6
Métal trempé								
à 500°	48	13	125	3,2	47,1	11	112	2,5
» 600°	61	20,5	121	7	57	13	128	6,8
» 700°	60	22	122	8	59	16	123	8
» 800°	72	9	148	6,1	64,2	2,2	187	5

Nous pourrions citer d'autres alliages qui, par trempe, donnent de la martensite, notamment les alliages de nickel et d'étain [3].

Il est deux faits sur lesquels nous ne saurions trop insister :

Tous les alliages qui, par trempe, donnent de la martensite, augmentent très nettement, si ce n'est considérablement, de dureté.

Tous ces alliages présentent des courbes de refroidissement analogues à celles des aciers : les phénomènes sont bien moins accusés, mais on note toujours une augmentation de volume au passage par la transformation au refroidissement.

Il nous faut enfin noter un fait très intéressant, qui a été spécialement étudié par le regretté Robin [4] : certains alliages de cuivre spéciaux présentent, après refroidissement, la structure martensitique, analogue à celle que l'on trouve dans les aciers au nickel, au manganèse et au chrome : nous citerons certains bronzes d'aluminium à l'étain (notamment : Al = 11,8 ; Sn = 3,5 ; Cu = 84,7) ou au zinc (notamment : Al = 10 ; Zn = 10 ; Cu = 80) ; des bronzes à l'arsenic (Sn = 25 ; As = 2 ; Cu = 7,3).

1. GUILLET : *Revue de Métallurgie*, 1906, Mémoires, p. 170.
2. *Revue de Métallurgie*, t. XIII, Mémoires, p. 101.
3. GUILLET : *C. r. Acad. Sc.*, t. CXLIV, p. 752 ; 1907, et *Revue de Métallurgie*, t. IV, Mémoires, p. 535 ; 1907.
4. *Bull. de la Soc. d'Encourag. pour l'Industrie nationale*, janvier 1913, p. 12, et mars 1913, p. 399. Félix Robin, ingénieur des Arts et Manufactures, qui a été assistant au Laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers, a été tué sur le champ de bataille au début de la campagne.

§ 5. — Alliages à très haute teneur en aluminium

Nous avons déjà cité le fait suivant, établi depuis peu d'années, et relatif à des alliages ayant approximativement la composition suivante : Cu = 3,7 ; Mg = 0,4 ; Mn = 0,6 ; Al = différence. Nous devons y insister, bien qu'il trouve mieux sa place à la fin de l'étude que nous ferons du revenu :

Porté à 450° et refroidi brusquement dans l'eau, l'alliage en question ne voit pas ses propriétés mécaniques sensiblement modifiées, si celles-ci sont mesurées peu de temps après la trempe. Il y a plutôt adoucissement. Mais, si l'alliage est abandonné à lui-même à la température ordinaire, ses propriétés varient dans le même

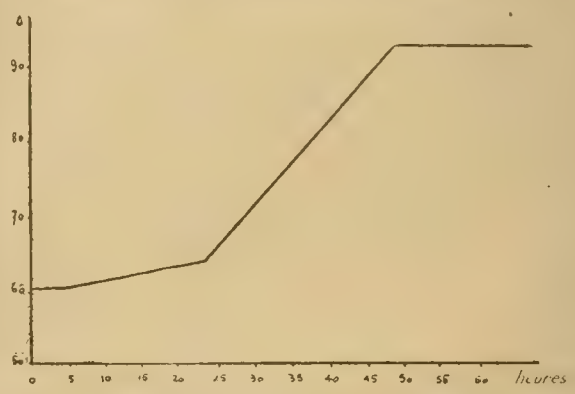


Fig. 81. — *Variation de la dureté d'un alliage à très haute teneur en aluminium, après trempe, en fonction du temps, à la température ordinaire.*

sens que celles de l'acier trempé. Ce fait a été indiqué pour la première fois par Wilm [1].

Voici une courbe [2] qui montre la variation de la dureté en fonction du temps et de la température ordinaire : on voit que le chiffre de Brinell passe de 62 à 92 en 48 heures (fig. 81). La dureté avant trempe était de 65 ; immédiatement après trempe elle était de 62, accusant un léger adoucissement.

On ne peut encore affirmer quels sont les éléments qui jouent le rôle primordial : certains prétendent que la présence du cuivre est indispensable dans les proportions indiquées, et que le magnésium viendrait augmenter la transformation, tout en étant incapable de la produire à lui seul. Si l'on attribue au cuivre le rôle prépondérant, l'influence de la trempe s'explique très bien.

Notons avant tout que, dans l'étude très approfondie que nous poursuivons sur ces alliages

1. WILM : *Revue de Métallurgie*, t. VIII, p. 225 ; 1911.
2. GUILLET, Jean DURAND et Jean GALIBOURG : *C. r. Acad. Sc.*, t. CLXIX, p. 508 ; 1919.

avec MM. Jean Durand et Jean Galibourg et dont les premiers résultats ont été récemment publiés [1], nous n'avons jamais pu mettre en vue un point de transformation du métal préalablement recuit : ni la courbe temps-température, ni la courbe dilatométrique, ni la thermo-électricité, ni la variation de la résistance électrique ne nous ont indiqué même un vague point de transformation.

Cependant, dans le diagramme des alliages aluminium-cuivre, on note, du côté de l'aluminium, une solution solide dont le domaine est limité par une courbe assez accusée et telle qu'à la température de l'eutectique (540°) la teneur maximum de la solution en cuivre est de 4 % Cu, tandis qu'à la température ordinaire elle atteint moins de 1,8 % Cu. La courbe a donc sa concavité tournée vers l'axe des x, et à température ordinaire un alliage compris entre 2 et 4 % Cu est formé de la solution solide + un peu d'eutectique Al^2Cu-solution solide [2] (fig. 82).

On chauffe au-dessus du point de transformation et l'on trempe. On maintient à température ordinaire la solution solide stable à température élevée et le métal est adouci par trempe.

Le repos à la température ordinaire intervient alors, comme il sera dit plus loin, pour opérer un revenu durcissant. Le mécanisme en sera nettement expliqué. Actuellement contentons-nous de noter les points, très précis et fort remarquables, que mettent bien en évidence nos essais :

Si, au lieu de tremper l'alliage à 450° dans l'eau, on le trempe à 450° dans l'air liquide et qu'on l'y abandonne, on a toujours, quel que soit le temps de séjour, un métal extrêmement doux. Ce métal, retiré de l'air liquide, après un séjour aussi prolongé soit-il, devient dur au bout de 48 heures à la température ordinaire.

Enfin l'alliage trempé à l'eau, puis porté à des températures croissantes, mais inférieures à 300°, atteint le degré maximum de dureté avec un temps d'autant plus court que la température est plus forte, ainsi que le prouvent les courbes ci-jointes (fig. 83).

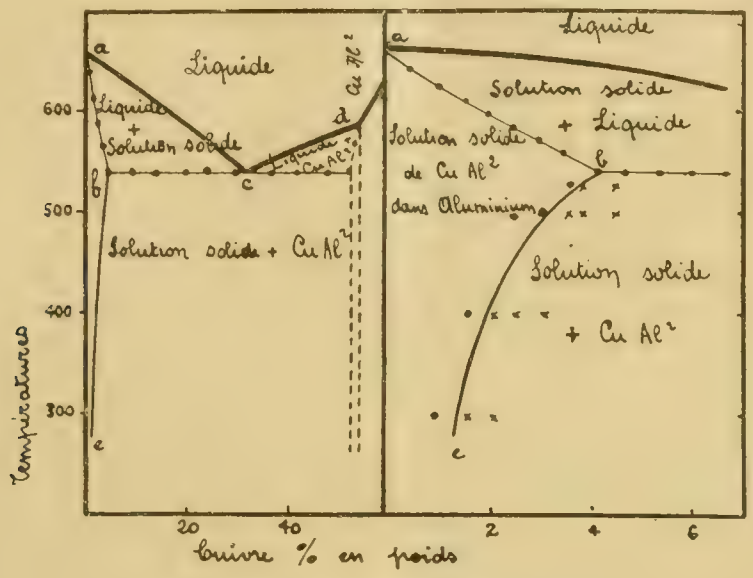


Fig. 82. — *Diagramme des alliages* Cu-Al.

•, points où l'on n'a pas observé $CuAl^2$ après recuit prolongé et trempe ;
×, points où l'on a observé $CuAl^2$ après recuit prolongé et trempe.

Tout cela est, nous le préciserons, en corrélation complète avec ce qui se passe dans les aciers : l'étude des phénomènes accompagnant le revenu nous le prouvera.

Pour le moment, retenons ce fait : la trempe seule ne durcit pas l'alliage, elle l'adoucit plutôt.

§ 6. — Autres alliages s'adoucissant par trempe

Bien d'autres alliages sont, dit-on, adoucis par trempe. Mais ici une confusion vraiment regrettable a souvent été faite. Fréquemment l'effet attribué à la trempe est dû purement et simplement au chauffage qui précède le brusque refroidissement; le recuit aurait produit le même effet. Cela arrive notamment pour les alliages formés d'une solution solide unique et qui sont hétérogènes de par la solidification. Un recuit ou une trempe les adoucit.

1. *Loc. cit.* et *Rev. de Métallurgie*, avril 1920.
2. Cette courbe a justement été déterminée par le fait même que nous analysons actuellement.

Cependant, il y a un grand nombre d'alliages qui présentent des courbes analogues à celle déjà signalée pour les alliages cuivre-aluminium; l'étude de la trempe permettra sans doute de généraliser encore les données que nous possédons actuellement.

L'exemple le plus curieux que l'on puisse citer d'adoucissement par trempe est assurément celui déjà étudié des alliages or-cuivre. Nous avons déjà indiqué que, par suite de transformations dans le solide, certains alliages sont formés, non d'une solution solide unique, comme

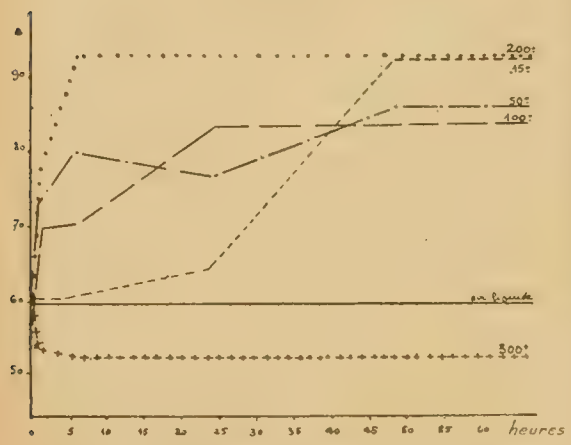


Fig. 83. — *Variations de la dureté du duralumin revenu à différentes températures en fonction du temps.*

on le croyait, mais bien de combinaisons Au^3Cu ou AuCu; à température élevée, ces combinaisons se dissolvent et la trempe maintient la solution. Il s'ensuit que la dureté est nettement modifiée.

Dans aucun cas, les alliages adoucis par trempe ne présentent — du moins dans ceux connus jusqu'ici — des courbes de refroidissement indiquant une augmentation de volume au refroidissement.

IV. — Résumé des faits expérimentaux relatifs a la trempe

Nous voici donc en possession d'une série de faits qu'il nous faut résumer :

a) La plupart des alliages qui voient modifier leurs propriétés par trempe présentent, après ce traitement, une augmentation très sensible, parfois considérable, de la dureté. Un grand nombre de leurs autres propriétés sont modifiées.

b) Pour obtenir ces modifications, il faut :

Chauffer à une température supérieure au point de transformation ;

Refroidir avec une vitesse suffisante pour que la transformation au refroidissement n'ait lieu qu'à température très basse (300° pour les aciers). La structure est alors martensitique.

Avec une vitesse moindre, on a des propriétés intermédiaires entre celles du métal recuit et du métal martensitique; le constituant est la troostite; le point de transformation est maintenu, au moins en partie, dans le voisinage de la position normale, avec refroidissement lent (650° dans les aciers).

c) Tous les alliages qui donnent de la martensite ou de la troostite sont actuellement les seuls qui, par trempe, présentent une augmentation de dureté.

d) Tous les alliages donnant de la martensite par trempe accusent, dans un refroidissement normal, une augmentation de volume, au passage du point de transformation.

e) L'addition de certains éléments, notamment le nickel, le manganèse et le chrome, a pour effet d'abaisser le point de transformation au refroidissement. Cet abaissement n'est pas progressif, comme on l'a cru jusqu'à maintenant, du moins lorsque ces aciers renferment du carbone; il se fait de la même façon que dans les trempes avec variation de la vitesse de refroidissement. On a donc de la perlite, de la troostite, de la martensite, suivant la quantité d'élément incorporé et la position des points de transformation, cela sans trempe. Les propriétés du métal sont essentiellement fonction de sa structure.

f) Avec certains éléments ajoutés en quantité assez élevée — cette quantité dépendant de la teneur en carbone — on supprime toute transformation au refroidissement : l'acier est alors polyédrique; il a des propriétés très particulières : charge de rupture moyenne (65 — 75 kg.), limite élastique basse (15 — 20 kg.), très forts allongements (45 à 100 %), très belles résiliences.

Ces aciers ne prennent pas la trempe; plus exactement ils sont légèrement adoucis par trempe.

g) Dans certains aciers spéciaux (chrome-nickel, chrome-tungstène), la position des points de transformation est fonction de la température maximum atteinte dans le chauffage et aussi, dans une certaine mesure, de la durée de chauffage. Si la température atteinte est assez élevée, le point de transformation au refroidissement tombe à 350°, sans l'intervention d'aucune trempe réelle; l'acier est martensitique (aciers chrome-nickel, aciers chrome-tungstène). Par un chauffage à température très élevée (1.300°), la transformation à 350° ne disparaît pas complètement; elle est seulement atténuée, mais de ce fait le métal est adouci.

h) Enfin certains alliages à points de transformation ne sont pas durcis par trempe : il semble y avoir maintien de l'état stable à chaud.

Il y a donc une relation entre tous les faits cités et la microstructure ; celle-ci, quel que soit le métal, se résume donc dans la production soit de la troostite (trempes douces), soit de la martensite (trempes dures), soit d'une structure polyédrique (trempes extra-douces).

Que peuvent donc être ces constituants de trempe :

a) La structure polyédrique correspond, nous l'avons vu, au maintien intégral à froid de l'état stable à chaud. C'est donc la solution solide existant à haute température.

b) La nature de la martensite est plus discutée.

Si nous nous reportons à ce qui a été dit pour les aciers, nous voyons que la martensite est magnétique : donc elle renferme du fer α ; elle l'est moins cependant que l'acier non trempé : donc elle contient du fer γ ; le carbone y est à l'état dissous ; en effet, l'acide azotique ne donne pas la coloration caractéristique du carbure de fer (aciers recuits) ; de plus, récemment M. Chévenard a montré que l'on ne notait point la transformation allotropique de la cémentite (laquelle se présente à 200°) ; enfin la résistivité d'un acier martensitique est bien plus élevée que celle du métal recuit. Donc le carbone est bien dissous.

Reste à expliquer que ce constituant, bien que formé de fer α, de carbone dissous et probablement d'un peu de fer γ, possède une grande dureté. Nous discuterons ce dernier point à la fin de cette étude.

c) La troostite apparaît bien comme de la perlite très divisée, disons (le mot signifie peut-être plus qu'il ne faudrait) de la perlite colloïdale. En effet, la résistance électrique est sensiblement celle de la perlite, le carbone n'est pas dissous (réaction de l'acide azotique), le fer est à l'état α, le magnétisme le prouve. On rencontre tous les caractères de la perlite, à l'aspect micrographique près.

L'état très divisé de ce constituant explique une augmentation de dureté.

En effet, on sait bien qu'à l'eutectique ou à l'eutectoïde correspond souvent un maximum de dureté.

On peut même dire que la résistance à la déformation croît d'une façon générale avec l'état de division des constituants.

En résumé, la trempe a pour effet, suivant la composition du métal, la vitesse de refroidissement et la température maximum de chauffage :

a) Le maintien intégral de l'état stable à température élevée, ce qui correspond à des trempes extra-douces ;

b) La décomposition de l'état stable à la température élevée avec retour partiel à l'état stable à froid, la réaction se passant à une température basse, où les molécules n'ont plus de mobilité : il y a formation de martensite, il y a trempe avec maximum d'effet de dureté ;

c) Cette même décomposition a lieu, mais à température nettement plus élevée, dans le voisinage du point de transformation à l'échauffement ; il y a formation de troostite : on obtient ainsi des trempes douces.

En étudiant dans l'article suivant les phénomènes du revenu, nous pourrons mieux encore pénétrer les relations qui existent entre ces différentes trempes.

Léon Guillet,

Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Legrand (L.), *Professeur à l'Université de Liége.* — **Cours de Mécanique rationnelle avec de nombreuses applications à l'usage des ingénieurs. — Cinématique-Statique-Dynamique.** — 1 *vol. in-8° de* 618 *p. avec* 364 *fig.* (*Prix* : 54 *fr.*). *Ch. Béranger, éditeur, Paris et Liége*, 1920.

Des ouvrages innombrables et innommables « à l'usage des ingénieurs » se sont abattus en avalanche sur le marché de la librairie de tous les pays pour atteindre la clientèle des jeunes gens démobilisés dont les études ont été interrompues par la guerre. Mais les intéressés de cette spéculation ne paraissent pas avoir eu assez de respect pour une génération dont la vie auxarmées n'a point fait des *minus habens* et qui est capable de travail, de réflexion et de jugement.

Le livre que nous signalons n'appartient pas à ce genre indésirable : c'est, non pas un mauvais démarquage, mais bien un cours original et solide, professé par un ingénieur soucieux des applications techniques. Les principes et les théorèmes fondamentaux, débarrassés des excroissances parasites classiques, n'occupent guère que le sixième de l'ouvrage : le reste est consacré à des problèmes posés par la pratique, parmi lesquels il y en a inévitablement de traditionnels, mais dont la majorité sont très neufs et d'utilisation actuelle. M. Legrand a heureusement emprunté ses applications aux machines avec lesquelles les élèves ingénieurs de la région liégeoise sont familiarisés : la machine d'extraction des mines à bobines et à câble plat, les pompes centrifuges, les ventilateurs, la machine à vapeur horizontale, la locomotive, les turbines hydrauliques, les marteaux et perforatrices à air comprimé. Les appareils gyroscopiques, les roulements à billes, l'équilibrage des machines, la vitesse critique des arbres des turbines donnent lieu aussi à des questions intéressantes, traitées à des points de vue divers et poussées jusqu'à la mise en chiffres.

Le cours de M. Legrand est assez clair pour servir d'instrument de travail aux étudiants isolés : les idées générales sont bien dégagées, et le lecteur emportera la certitude que la Mécanique rationnelle est une science d'un emploi constant dans le domaine industriel.

A. Boulanger,
Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers.

Berget (A.), *Docteur ès Sciences, lauréat de l'Institut, directeur adjoint du Laboratoire de Géographie physique de la Sorbonne.* — **Topographie.** *Les cartes, et les échelles, les formes du terrain, les instruments, les méthodes, les longueurs et les angles, la boussole, la planchette, le tachéomètre, le nivellement, l'arpentage, la carte d'Etat-Major, la phototopographie.* — 1 *vol. in-8° de* 328 *pages avec* 375 *gravures* (*Prix* : 12 *fr.*). *Larousse, éditeur, Paris, sans date.*

Le manuel de Topographie de M. Berget est le résumé de l'enseignement donné depuis 1900 aux élèves du Laboratoire de Géographie physique de la Sorbonne. Comme l'explique l'auteur dans l'avant-propos, son auditoire était composé de jeunes gens dont les uns avaient fait de sérieuses études scientifiques, tandis que les autres venaient de la Faculté des Lettres. Aussi les considérations mathématiques trop ardues lui étaient-elles interdites. Son livre est ainsi un traité élémentaire et sans aucune prétention. Mais on doit louer M. Berget de s'être efforcé de lui conserver un caractère scientifique et d'avoir réussi. L'abondance des sujets abordés en fait, si l'on peut s'exprimer ainsi, un petit abrégé très complet. Une édition ultérieure gagnera à contenir des données un peu moins sommaires sur l'alidade holométrique, instrument obligé de tous les levés à grande échelle, et quelques indications bibliographiques renseignant le lecteur sur les ouvrages plus savants qu'il devra aborder ensuite.

Que M. Berget nous permette de relever une inexactitude d'ordre historique, expression d'une opinion trop communément répandue, commise en attribuant au Corps d'Etat-Major la grande extension des levés de la carte de France après la disparition du Corps des Ingénieurs Géographes en 1831 (p. 252). Bien au contraire, le nom de carte d'Etat-Major consacre une véritable injustice ; c'est le glorieux corps des Ingénieurs Géographes qui a conçu le projet de la carte, fixé les méthodes, organisé les travaux dans tous leurs détails, exécuté les opérations fondamentales, entrepris les autres et dont les derniers survivants ont pu voir l'achèvement de l'œuvre.

La simplicité et la clarté de l'exposition de M. Berget attireront vers la topographie les débutants (étudiants, maîtres de l'enseignement primaire, sous-officiers, officiers, etc.), trop souvent rebutés — combien de fois ne l'avons-nous pas constaté — par des explications compliquées à plaisir. Le but que s'est proposé l'auteur est ainsi atteint. L'opérateur déjà exercé lui-même ne dédaignera pas de consulter le manuel de M. Berget, pour rappeler ses souvenirs et il y trouvera d'utiles renseignements.

Lieutenant-colonel G. Perrier,
Chef de la Section de Géodésie du Service Géographique de l'Armée.

2° Sciences physiques

Bloch (Léon), *Docteur ès sciences, Préparateur suppléant à la Sorbonne.* — **Précis d'Electricité théorique.** — 1 *vol. in-8° de* 476 *pages avec* 18 *fig.* (*Prix* : 30 *fr.*). *Gauthier-Villars et Cie, éditeurs*, 55, *quai des Grands-Augustins, Paris*, 1919.

Généralement, dans les ouvrages destinés à l'enseignement de la Physique, les théories mathématiques se trouvent mélangées avec l'étude expérimentale de cette science.

Cette façon d'agir, nécessaire lorsqu'il s'agit d'écrire un ouvrage complet, présente l'inconvénient de ne pas mettre en évidence l'enchaînement entre ces diverses théories, par suite de rendre parfois leur étude un peu plus difficile. M. L. Bloch, comme il le dit lui-même dans sa préface, a cherché au contraire à montrer la suite logique des faits, des définitions et des principes, et il semble qu'il y ait parfaitement réussi.

Il ne faut chercher dans cet ouvrage la description d'aucune expérience, ni aucune de ces formules qui ne sont que des applications à un cas particulier des lois de l'électricité. Pour rester dans le domaine élémentaire, l'auteur a cru également devoir omettre la dynamique de l'électron.

Mais, reprenant l'Electrostatique à son début, il nous conduit, après avoir rappelé en cours de route les lois du magnétisme et les propriétés des courants électriques, aux équations de Maxwell.

Puis, après quelques pages relatives aux courants alternatifs et aux oscillations électriques, il consacre un chapitre à la propagation des ondes et au rayonnement, et il aborde l'étude de l'électro-optique.

Des deux derniers chapitres, l'un se rapporte à l'électrodynamique des corps en mouvement, l'autre à l'optique des corps en mouvement. On y trouve exposées les premières notions de relativité.

Dans cet ouvrage, l'auteur utilise les procédés du calcul vectoriel, qui semblent de plus en plus s'imposer en Physique.

Pour conclure, on peut dire que ce traité d'Electricité théorique semble appelé au plus légitime succès.

R. Jouaust,
Chef des Travaux au Laboratoire central d'Electricité.

Delacre (M.), *Membre de l'Académie Royale de Belgique, Professeur à l'Université de Gand.* — **Histoire de la Chimie.** *Ouvrage couronné par l'Institut de France (Prix Binoux).* — 1 *vol. in*-8° *de* 632 *pages, avec* 14 *fig.* (*Prix* : 36 *fr.*). *Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, Paris,* 1920.

C'est avec le plus grand intérêt qu'on lit ce livre, écrit par l'auteur à Gand, pendant l'occupation allemande, et qui est, comme il le dit lui-même, un livre de combat. Au cours des sombres années 1914, 1915, 1916, M. Delacre a rédigé les notes qu'il avait recueillies pendant vingt-cinq ans, en lisant les mémoires publiés par les chimistes du XIXe siècle, et il a groupé en un tout les aperçus philosophiques qu'il exposait à ses élèves.

Quoique l'auteur ait volontairement restreint son domaine à l'histoire des faits ou des sujets considérés comme définitivement acquis et que les deux grands problèmes — établissement des poids atomiques, constitution des composés organiques — soient ceux qu'il ait spécialement traités, son histoire de la Chimie est réellement une histoire complète de cette science. L'auteur remonte, en effet, assez haut dans l'alchimie et même dans la préhistoire pour montrer l'importance des questions posées depuis longtemps et qui ne sont point encore résolues. Abordant ensuite l'histoire de la Chimie proprement dite, naissant avec Rey, Black..., M. Delacre tire de sa profonde connaissance de la littérature chimique depuis cette époque les enseignements les plus féconds. Il contredit bien des jugements trop vite acceptés sans contrôle et souligne intentionnellement cette partie de son œuvre.

Comme il le dit, la science française et la science anglaise ont tout à gagner à ce système. C'est vraisemblablement pour cette raison qu'il a été négligé, ajoute-t-il avec ironie.

Les lignes qu'il consacre à la fin de son étude sur Lavoisier pour définir l'œuvre du génial fondateur de la Chimie sont à lire.

Disciple de Claude Bernard, l'auteur, qui fut chargé d'enseigner les théories, a conçu pour elles une irrémédiable aversion et la subissait sans pouvoir la justifier; mais, après avoir achevé son livre, il a eu la satisfaction de voir son scepticisme enseigné par l'histoire. Le lecteur sera probablement de son avis, en lisant le dernier livre de son ouvrage, et notamment les pages relatives aux travaux de M. Baeyer, des plus instructives.

M. Delacre craint de ne pas trouver d'écho dans les hommes de sa génération; mais son livre, dit-il, est écrit pour la jeunesse et il se plaît à espérer que renaîtra bientôt le réalisme des Claude Bernard, des Pasteur et des Sainte-Claire Deville, créateur de progrès. On ne peut que souhaiter la réalisation d'un tel vœu et la disparition des méthodes consistant à échafauder hâtivement des théories préconçues, en torturant les faits pour les forcer à confirmer des lois trop approchées, comme on le fit autrefois pour défendre contre toute évidence la théorie générale du phlogistique.

En résumé, le livre de M. Delacre est un beau et un bon livre, que bien des chimistes aimeront à lire et à relire.

Paul Nicolardot,
Docteur ès sciences, Examinateur d'admission à l'Ecole Polytechnique.

3° Sciences naturelles

Sauvageau (Camille), *Correspondant de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux.* — **Utilisation des Algues marines.** — 1 *vol. in*-18 *jésus de* 390 *pages avec* 26 *figures dans le texte de l'Encyclopédie scientifique* (*Prix cart.* : 9 *fr.*). *C. Doin, éditeur, Paris,* 1920.

Cet excellent ouvrage est né des préoccupations suscitées durant la guerre, par la pénurie de céréales et d'autres plantes alimentaires pour l'homme et les animaux. A la suite des tentatives heureuses faites par l'Intendant militaire Adrian pour remplacer, dans l'alimentation des chevaux, l'avoine par des Laminaires convenablement traitées, l'auteur, connu depuis longtemps par ses belles recherches de Phycologie, fut invité par le Directeur des Inventions au Ministère de l'Armement à faire quelques expériences et à publier une mise au point de la question de l'utilisation des Algues marines. Ce livre, qui s'adresse surtout aux lecteurs préoccupés d'intérêts pratiques, intéressera aussi les naturalistes et tous ceux qui sont curieux de connaître les richesses algologiques de nos côtes et leurs applications.

Après une introduction consacrée au mode de vie des Algues, aux livres où elles sont décrites, aux substances qu'elles renferment, M. C. Sauvageau étudie dans des chapitres distincts le goémon et sa récolte, l'utilisation agricole du goémon, l'utilisation industrielle des Algues brunes et des Algues rouges, l'utilisation des Algues marines pour l'alimentation de l'homme et des animaux et enfin les usages divers et la culture des Algues marines.

Le goémon, dont l'exploitation a été réglée par une série d'ordonnances, déclarations royales, arrêtés et décrets dont l'auteur fait l'historique depuis 1681, comprend trois sortes officielles qui correspondent à des constitutions différentes et variables d'une région à l'autre : les goémons épaves, qu'il suffit de ramasser sur la côte, et les goémons de coupe, qui comprennent eux-mêmes les goémons de rive et les goémons de fond. Les règlements cherchent à concilier les intérêts rivaux des agriculteurs, des marins et des industriels. Les goémons de rive sont coupés à la faucille, tandis que la récolte des goémons de fond se fait sur des bateaux à l'aide d'une faucille ou guillotine emmanchée à l'extrémité d'une longue perche. Il ne semble pas que les procédés actuels de récolte et les époques choisies compromettent soit la repousse ou la propagation des Algues, soit le repeuplement des espèces animales; mais de nouvelles recherches devraient être entreprises dans cette direction, et l'on ne connaît guère mieux la question qu'au temps de Louis XV. Les Américains exploitent des Laminaires géantes avec des moissonneuses mécaniques; ce procédé n'est guère applicable en France où les Laminaires sont bien plus courtes et manquent des flotteurs qui ramènent à la surface les espèces américaines coupées.

Le goémon épave est utilisé comme engrais depuis un temps immémorial sur les côtes de l'Océan, aussi bien en Amérique qu'en Europe. En France, sa constitution varie avec les régions : des Laminaires en Bretagne, des *Fucus serratus* à l'île de Ré, des *Cystoseira* et *Saccorhiza bulbosa* de Royan à la Bidassoa pendant la belle saison, des Algues vertes, *Ulva, Enteromorpha*, dans la baie de Belfast. Le goémon frais contient, outre des sulfates, de la chaux, de la magnésie, 0,5 % d'azote, un peu plus de 1 % de potasse et moins de 0,1 % d'acide phosphorique, en un mot les diverses substances que la plante extrait du sol. Aussi son emploi donne-t-il d'excellents résultats dans la culture des pommes de terres, de l'orge, des tomates, des asperges, de la luzerne et même de la vigne, à laquelle il communique malheureusement un fâcheux goût de terroir. Cet engrais riche en potasse a le gros avantage de ne coûter que les frais de récolte, puisque l'Etat l'abandonne gracieusement aux riverains. Le goémon est employé vert, ou sec, ou plus ou moins fermenté, et son usage n'est guère pratique, à cause des frais de transport, qu'à une petite distance de la mer. Sa trans-

formation en cendres, déjà expérimentée, en permettrait le transport à une grande distance.

L'exploitation industrielle des Algues brunes eut pour premier objet l'obtention du carbonate de soude, puis, après l'invention de la soude artificielle par Leblanc, l'extraction de la potasse et de l'iode. Ces deux produits pouvant être actuellement retirés, à moindres frais, de minerais, leur extraction des Algues marines a perdu une grande partie de son intérêt. Mais les Algues marines peuvent fournir bien d'autres substances à applications variées : de l'algine, de l'algulose, du papier d'Algues, etc. Pendant la guerre, les Américains, qui jusque-là les avaient négligées, en retirèrent une foule de produits chimiques que les espèces de nos côtes pourraient également fournir, mais l'auteur fait remarquer que, si la matière première ne coûte rien, les frais de récolte sont toujours élevés.

Les Algues rouges sont surtout utilisées pour leurs propriétés mucilagineuses et gélatinisantes. Les mers chaudes sont le vrai domaine des Algues rouges et depuis longtemps les riverains en exploitent plusieurs pour en obtenir de la gelée. Les principaux produits qu'on en retire sont le *Funori*, ou glu marine, préparé à l'aide de deux petites Floridées du genre *Gloiopeltis*, et l'*Agar-Agar*, que l'on fabrique avec des Algues appartenant surtout au genre *Gelidium*. En Europe, on n'utilise guère pour préparer des mucilages ou des gelées que le mélange de *Chondrus crispus* et de *Gigartina mamillosa*, appelé mousse d'Irlande ou lichen Carragahen.

Pendant la guerre, à l'époque de la pénurie de matières alimentaires, on a pu lire dans divers journaux que nous ne savions pas utiliser pour notre nourriture les Algues marines journellement employées par les Européens du Nord. Après une enquête faite à ce sujet, M. Sauvageau nous montre combien ces affirmations incompétentes sont exagérées. Si les anciens habitants des régions septentrionales se sont nourris d'Algues telles que *Ulva lactuca*, *Laminaria digitata*, *Alaria esculenta* ou de *Rhodymenia palmata*, comme les anciens Islandais, leurs descendants actuels en ont à peine conservé le souvenir. En Irlande et en Ecosse, on n'utilise quelques Algues marines que comme condiments et masticatoires. En revanche, dans les pays orientaux, on fait une assez grande consommation d'Algues marines. Les Chinois recherchent le *Laminaria saccharina* et, au Japon, on fabrique avec des Algues très diverses deux produits appréciés, l'*Amanori* et le *Kombu*. Le broutement spontané des Algues marines par les animaux domestiques était connu depuis longtemps comme un fait exceptionnel; tout récemment Adrian, Lapicque, Sauvageau et Moreau ont réalisé, sur le rôle des Algues dans l'alimentation des animaux, des expériences d'où il résulte que certaines Algues, *Laminaria saccharima*, *L. flexicaulis*, *Fucus serratus*, séchées et déminéralisées, peuvent remplacer à poids égal la ration d'avoine dans la nourriture des chevaux. Si les chevaux, même affamés comme ils l'étaient en 1918, s'y habituent pour la plupart fort difficilement, les expériences de Sauvageau et Moreau montrent que, une fois passée la période d'accoutumance, ils en retirent un grand profit, utilisant mieux les autres aliments donnés en même temps, et ces expériences ouvrent la voie à des études ultérieures sur les phénomènes digestifs qui seraient du plus haut intérêt théorique et peut-être pratique.

L'auteur signale enfin quelques usages plus restreints des Algues marines : fabrication de la corne de cerf artificielle et de cordages avec les stipes desséchés des Laminaires, extraction de matières colorantes, qui ont plutôt un intérêt historique qu'un intérêt actuel, applications médicinales, car les gelées de Floridées entrent pour une part importante dans les préparations vendues sous les noms de jubol, régulin, etc. Il donne aussi un renseignement peu connu et qui ne laissera pas insensibles les pêcheurs à la ligne : c'est que le très commun *Laurencia pinnatifida* est un appât excellent pour la capture des poissons herbivores, et certains en valent la peine.

F. Péchoutre,
Professeur au Lycée Louis-le-Grand.

Matisse (Georges). — **Action de la chaleur et du froid sur l'activité des êtres vivants.** — 1 *vol. in-8° de* 556 *p. avec* 175 *fig. E. Larose, éditeur*, 11, *rue Victor-Cousin, Paris*, 1919.

L'un des facteurs externes les plus importants qui déterminent l'activité des êtres vivants est le facteur « température ». Cela est de connaissance banale. M. Matisse a entrepris de cette notion une étude scientifique où il a voulu, dit-il, unir le point de vue des Sciences naturelles à celui de la Physiologie.

Son ouvrage se divise naturellement en trois parties: historique, expérimentale, théorique.

Dans la partie historique, l'auteur passe en revue les résultats acquis jusqu'alors, d'abord sur les limites thermiques de la vie, puis sur l'influence de la chaleur et du froid sur les diverses activités des organismes. Un chapitre est consacré à l'étude des théories physico-chimiques de la variation de l'activité physiologique avec la température et à la confrontation des expériences biologiques avec les règles et lois physico-chimiques, notamment celles de Van't Hoff et d'Arrhénius sur l'action de la chaleur sur la vitesse des réactions.

L'auteur conclut qu'il est préférable de considérer la *loi* de Van't Hoff-Arrhénius $\frac{d\log K}{d\theta} = \frac{A}{\theta^2} + B$ (K, coefficient de vitesse des réactions chimiques en fonction de la température ; θ, température ; A, B, constantes).

La partie expérimentale débute par une série d'observations *qualitatives* préliminaires sur les effets de la chaleur et du froid sur l'activité d'un certain nombre d'animaux, où sont rapportés nombre de faits fort intéressants en eux-mêmes. Puis viennent les expériences et mesures de l'auteur sur la vitesse de reptation de trois Vers et d'un Mollusque Gastropode. Ceux-ci ont été choisis comme *des animaux très simples ;* il est difficile d'admettre que parmi les Vers les Lombricins (ou Oligochètes) et parmi les Mollusques les Gastropodes soient ce que l'on puisse choisir de plus simple, et plus encore qu'il en soit ainsi pour les Allolobophores parmi les Lombricins, et les Pulmonés, en particulier les Hélices, parmi les Gastropodes. Mais cela importe peu lorsqu'il s'agit d'étudier des problèmes aussi complexes que celui de la variation de l'activité vitale en fonction de la température ; d'ailleurs, la simplicité ou la complexité des êtres vivants ne se mesurent pas. La seule activité envisagée a été l'activité motrice de translation ; jusqu'à quel point et à quelle approximation près représente-t-elle l'activité globale de l'animal, c'est une question qu'il aurait été intéressant de voir élucidée. Les observations et les mesures ont été faites avec le plus grand soin et leur exposé constitue une série de documents que devront de toute nécessité consulter ceux qui reprendront l'étude de la même question. Enfin, viennent quelques « expériences sur les modifications de la structure physique du protoplasme sous l'action des variations de température », ou plutôt une série d'observations à l'ultra-microscope sur le nombre de grains colloïdaux de l'hémolymphe d'animaux (Ecrevisses) maintenus à diverses températures données.

La partie théorique de l'ouvrage aboutit à l'expression des *lois de l'activité motrice :* 1° loi de l'optimum ; 2° lois des temps ou lois des rythmes. La loi de l'optimum est une loi très générale, s'appliquant à toutes les activités des organismes vivants et à tous les facteurs qui influent sur leur activité ; ce n'est qu'une autre manière d'exprimer le phénomène très général connu sous le nom d'*adaptation*. Ce que M. G. Matisse exprime sous le nom de groupe des lois des temps ou lois des rythmes est ce double fait que : à température fixe donnée, la variation de l'activité motrice est une fonction du temps résultant de trois rythmes principaux superposés, à

savoir : une variation de longue durée à laquelle vient se superposer une oscillation nycthémérale, des ondulations horaires ou pluri-horaires et enfin une onde d'activité momentanée. L'auteur en conclut que : *la vie est un phénomène périodique* et il compare ce phénomène, au point de vue de son étude, à celui des marées océaniques.

Si donc il est presque impossible de donner seulement un aperçu de tous les documents amassés dans cet ouvrage, il est très facile au contraire de donner une bonne idée de la méthode suivie. Faisant aux Philosophes, ou plus exactement aux Métaphysiciens, cette concession que l'étude des phénomènes vitaux, pour être vraiment l'étude de la vie, doit se faire sur des êtres intégraux à tous points de vue, M. G. Matisse a tenu à faire porter ses observations sur des animaux conservés entiers. Dès lors c'est l'étude du phénomène dans toute sa complexité et, dit l'auteur, « il faut suivre une méthode analogue, dans la mesure où s'y prête le sujet, à celle de l'*Analyse harmonique* ». L'application de cette méthode (comme de toute méthode *scientifique* d'ailleurs) conduit à cette conclusion, qu'il faut retenir, que : « les actes des corps animés agissant en toute « liberté » sont soumis à un déterminisme aussi absolu que les phénomènes manifestés par les corps inorganisés, et que ces actes découlent, élémentairement du moins, des lois de la Physique et de la Chimie que l'on peut indiquer dès aujourd'hui dans un certain nombre de cas ».

Jean Delphy,
Chef de travaux à l'Ecole des Hautes Etudes.

4° Sciences diverses

Les Maîtres de la Pensée scientifique, *collection de mémoires publiés par les soins de* M. Solovine.

Huyghens (Christian). — **Traité de la Lumière.** — 1 *vol. in*-16 *de* x-156 *p. avec* 74 *fig.* (*Prix* : 3 *fr.* 60).

Spallanzani (Lazare). — **Observations et expériences faites sur les animalcules des infusions.** — 2 *vol. in*-16 *de* VIII-106 *et* 122 *p.* (*Prix* : 6 *fr.*).

Lavoisier (Antoine-Laurent). — **Mémoires sur la respiration et la transpiration des animaux.** — 1 *vol. in*-16 *de* 68 *p.* (*Prix* : 3 *fr.*).

Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, Paris, 1920.

Contrairement à une opinion souvent émise, la lecture des œuvres originales du passé est loin d'offrir, pour les savants modernes, un simple intérêt de curiosité. Beaucoup de ces travaux sont des modèles de recherche ingénieuse, d'expérimentation bien conduite, de justesse du raisonnement et d'exposition claire et ordonnée, dont il y aura toujours profit à s'inspirer; ensuite, bien des théories anciennes ou des expériences oubliées peuvent renfermer le germe de découvertes nouvelles : l'exemple célèbre du mémoire de Mendel, resté plus de 30 ans dans l'obscurité, le démontre à l'évidence; enfin, l'histoire des idées scientifiques et philosophiques est impossible à établir sur des bases solides sans ce retour continuel aux sources.

Malheureusement, la plupart des mémoires et ouvrages des maîtres des derniers siècles sont à peu près inaccessibles au public savant, parce qu'ils sont disséminés dans les recueils les plus divers, ou qu'il n'en reste plus que de rares exemplaires, parfois difficiles à consulter, dans les bibliothèques publiques. La réédition des grandes œuvres scientifiques du passé est donc un travail qui s'impose de jour en jour davantage.

C'est la tâche à laquelle s'était attelé, dès 1889, Wilhelm Ostwald, qui, sous le titre : *Die Klassiker der exakten Wissenschaften* [1], publia, dans l'espace de 25 ans, plus de 200 petits volumes reproduisant, en langue allemande, les mémoires fondamentaux des Carnot, des Davy, des Avogadro, des Bunsen, des Dalton, des Clausius, des Bravais, des Wurtz, etc., accompagnés de précieuses annotations critiques, rédigées le plus souvent par des spécialistes. Le succès de cette collection, dont plusieurs volumes parvinrent à une seconde édition, montre bien à quels besoins elle répondait.

En 1914, M. Aldo Mieli, l'éminent professeur de l'Université de Rome, avait commencé à faire paraître, en italien, une collection du même genre, les *Classici delle Scienze e della Filosofia* [1], inaugurée par des mémoires de Biringuccio, de Spallanzani et de Morgagni; mais cette série semble avoir été interrompue par la guerre.

Simultanément, un essai analogue était tenté par un éditeur français, la Librairie Armand Colin, qui, sous la direction scientifique de MM. Abraham, H. Gautier, H. Le Chatelier et Lemaire, publia coup sur coup les quatre premiers volumes d'une collection intitulée : *Les Classiques de la Science* [2], qui, elle aussi, n'a pas eu de continuation depuis lors. Il ne s'agissait d'ailleurs pas de la reproduction d'œuvres *in extenso*, mais plutôt d'extraits, choisis plus ou moins arbitrairement, de mémoires divers se rapportant à un même sujet.

La maison d'édition Gauthier-Villars et Cie, avec le concours de M. Maurice Solovine, vient d'inaugurer à son tour une collection : *Les Maîtres de la Pensée scientifique*, qui comprendra les mémoires et les ouvrages les plus importants de tous les temps et de tous les pays. Elle présentera sur la collection Ostwald l'avantage que tous les domaines de la science (et non plus seulement les sciences exactes) y seront représentés : Mathématiques, Astronomie, Physique, Chimie, Géologie, Sciences naturelles et biologiques, Méthodologie et Philosophie des Sciences. Les mémoires et les ouvrages français seront réimprimés avec grande exactitude d'après les textes originaux les mieux établis, et ceux des savants étrangers seront traduits intégralement avec une rigoureuse fidélité. Chaque volume est précédé d'une courte notice biographique sur son auteur.

Les trois mémoires par lesquels débute la série sont célèbres, à des titres divers, dans l'histoire de la Science.

Le *Traité de la Lumière*, de Christian Huyghens, publié en 1690, a exposé pour la première fois la théorie ondulatoire, dont on sait le rôle considérable dans les progrès de l'Optique.

Les *Observations et expériences faites sur les animalcules des infusions*, de Lazare Spallanzani, qui datent de 1760, ont refuté les idées de Needham et de Buffon que ces êtres naissent de matières en décomposition et fourni la preuve irréfutable qu'ils sortent de germes comme tous les autres animaux.

Enfin, les *Mémoires sur la respiration et la transpiration des animaux*, de Lavoisier, publiés de 1777 à 1790, établissent pour la première fois la nature exacte de l'air et le mécanisme de ces fonctions, en même temps qu'ils posent les fondements d'une explication physico-chimique des phénomènes vitaux.

D'autres volumes en cours d'impression reproduiront des mémoires d'Ampère, de d'Alembert, de Carnot, de Clairaut, de Laplace, de Dutrochet, de Hertz, de Galilée, de Newton.

Chacun de ces ouvrages est présenté avec le soin qui caractérise les publications de la maison Gauthier-Villars, et le prix modique de cette collection permettra, à tout esprit désireux d'aller puiser aux sources mêmes les idées des « maîtres de la pensée scientifique », de se constituer à peu de frais une bibliothèque des chefs-d'œuvre du passé. Nous souhaitons donc à cette tentative tout le succès qu'elle mérite.

Louis Brunet.

1. Voir la *Rev. gén. des Sc.* du 30 mars 1912, t. XXIII, p. 217.

1. Voir la *Revue* du 30 mai 1914, t. XXV, p. 527, et du 15 avril 1915, t. XXVI, p. 224.
2. Voir la *Revue* du 15 août 1914, t. XXV, p. 719.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS
Séance du 5 Juillet 1920

1° Sciences physiques. — M. **P. Idrac** : *Sur les courants de convection dans l'atmosphère dans leur rapport avec le vol à voile et certaines formes de nuages.* Au cours de ses travaux sur le vol à voile en Afrique, l'auteur a observé, dans l'atmosphère de ces régions, des zones variables où le vent avait une composante verticale, ascendante ou descendante, zones qu'il considère comme dues à l'existence de courants de convection locaux provenant de différences de température. D'une part, il a pu reproduire expérimentalement ce phénomène au laboratoire. D'autre part, en comparant la direction des bandes de cirrus entre 7.000 et 9.000 m. avec leur vitesse par rapport au sol, il montre que ceux-ci ne peuvent être dus à des vagues atmosphériques, selon la théorie d'Helmholtz, mais qu'ils résultent eux aussi de courants de convection. — M. **A. Michelson** : *Sur l'application des méthodes interférentielles aux mesures astronomiques.* La méthode de l'auteur consiste à placer deux fentes aux extrémités d'un diamètre d'un grand objectif et à observer les franges d'interférence qui se produisent au foyer, et qui ont leur maximum de netteté quand la source ne présente qu'un angle infinitésimal. Ce procédé, appliqué à l'étoile Capella au moyen du réflecteur de 250 cm. du Mont Wilson, a donné pour celle-ci une parallaxe un peu inférieure à 0",050. La méthode va être appliquée à d'autres déterminations astronomiques. — M. **Ernest Berger** : *Production de chlorures par réactions amorcées.* L'auteur, en opérant par réactions amorcées (voir p. 504), a opéré le déplacement mutuel des corps simples de leurs chlorures et, plus spécialement, la production des chlorures à partir des métaux et des composés chlorés du carbone. Ces réactions ont été appliquées pendant la guerre à la production de nuages de fumée. — M. **M. Godchot** : *Sur l'oxydation des houilles.* L'auteur a étudié l'oxydation de la houille sur une houille brute, sur son extrait à la pyridine et sur le résidu de l'extraction. La pyridine scinde la houille en deux parties oxydables séparément, mais inégalement, l'une jouant peut-être le rôle de transporteur d'oxygène vis-à-vis de l'autre, car la houille naturelle et la houille reconstituée s'oxydent plus vite et en plus grandes proportions que chacune des deux parties prises séparément. — M. **E.-E. Blaise** : *Action des hydrazines substituées sur les dicétones* 1 : 4-*acycliques.* Tandis que l'hydrazine donne avec les dicétones 1 : 4-acycliques un mélange de dérivés pyridazinique et tétrahydropyridazinique, les hydrazines substituées fournissent, au contraire, avec ces dicétones, des dérivés pyrroliques. — M. **M. Delépine** : *Sur le sulfure d'éthylène* C^2H^4S. Si l'on agite ensemble le chlorosulfocyanate d'éthylène et une solution aqueuse de sulfure de sodium, on peut extraire du mélange, par un courant de vapeur, un liquide très volatil, Eb. 55°-56°, qui n'est autre que le sulfure d'éthylène, engendré d'après la réaction $CNS.CH^2.CH^2.Cl + Na^2S = CNSNa + NaCl + CH^2 \atop CH^2 \rangle S$. Il se polymérise au bout d'un certain temps en un solide blanc. — M. **J. Bougault** : *Sur les iodamidines.* Lorsqu'à une solution de benzamidine on ajoute de la soude et de l'iode, on obtient, même en solution diluée, un précipité jaune soufre cristallisé, constitué par un dérivé de substitution iodé de la benzamidine de formule $C^7H^8IN^2$. Dans cette iodamidine, l'iode est fixé à l'azote et fonctionne comme acide hypoiodeux. — M. **M. Guerbet** : *Sur une réaction de l'acide benzoïque fondée sur sa diazotation; son application à la recherche toxicologique de l'atropine, de la cocaïne et de la stovaïne.* Cette réaction est basée sur la transformation de l'acide benzoïque en un mélange d'acides *o*-, *m*- et *p*-nitrés, puis *o*-, *m*- et *p*-aminés, et enfin des chlorures de diazoïques correspondants; ceux-ci, copulés en solution ammoniacale avec le naphtol β, donnent un précipité rouge orangé caractéristique. La cocaïne et la stovaïne, qui contiennent dans leur molécule le radical benzoyle, et l'atropine, qui fournit l'acide benzoïque par oxydation, se prêtent à la même réaction. — MM. **Em. Bourquelot** et **M. Bridel** : *Obtention biochimique du sucre de canne à partir du gentianose.* L'hydrolyse totale du gentianose (trisaccharide formé de l'union de deux molécules de *d*-glucose et d'une molécule de *d*-lévulose, avec élimination de deux molécules d'eau) peut être effectuée en faisant agir d'abord l'émulsine (gentiobiase), puis l'invertine. Avec l'émulsine, il se fait du glucose, qui a été séparé à l'état de méthylglucoside β, et du saccharose, qu'on a pu retirer à l'état pur et cristallisé. — M. **P. Nottin** : *Sur le pouvoir absorbant de la terre vis-à-vis du manganèse.* Le pouvoir absorbant de la terre vis-à-vis du manganèse, avec mise en liberté de chaux qui remplace le manganèse dans la combinaison saline, est en rapport avec l'état du calcaire dans le sol. Lorsque celui-ci est à l'état de calcite, le pouvoir absorbant est nul; lorsqu'il est à l'état d'aragonite, ou que la chaux est à l'état de certains silicates et d'humates, le pouvoir absorbant est très marqué.

2° Sciences naturelles. — M. **A. Lacroix** : *Une éruption du volcan Karthala, à la Grande Comore en* 1918. Ce volcan s'est réveillé le 11 août 1918 et a émis pendant 3 jours, d'une bouche éruptive qui s'est ouverte sur le flanc nord, une coulée tranquille de laves, de caractère hawaïen; puis le 25 et le 26, le cratère central a été le siège d'explosions de caractère vulcanien, avec émission d'une énorme colonne de cendres; à la suite de cette éruption, ses dimensions ont été au moins sextuplées. La lave recueillie ne diffère guère de celle des éruptions antérieures; c'est un basalte andésitique renfermant un peu de néphéline virtuelle, et par suite apparenté aux basanites. — MM. **W. Kilian** et **P. Fallot** : *Sur l'existence et les faciès de divers étages jurassiques dans la province de Tarragone (Catalogne).* D'après la détermination de lots de fossiles recueillis dans cette région, les auteurs y distinguent les étages suivants : Lias (marnes à Brachiopodes, « faciès espagnol »), Bajocien (faciès à Céphalopodes), Bathonien (faciès à Céphalopodes, avec épisode néritique), Callovien, Jurassique supérieur (faciès à Céphalopodes). — M. **Gallaud** : *Une lignée de Giroflées à anomalies multiples et héréditaires.* L'auteur a observé sur les trois générations successives d'un pied de Giroflée : 1° des embryons pluricotylés; 2° des anomalies végétatives; 3° des fleurs doubles prolifères pétalomanes; 4° des fleurs doubles par prolifération du pistil; 5° des fruits plurivalves; 6° des fleurs intracarpellaires. Ces anomalies multiples sont l'indice d'un affolement général et très intense dans cette lignée. — M. **J. Dufrénoy** : *L'excrétion des colorants vitaux et la dégénérescence chez les Ascidies.* Les Ascidies placées dans des solutions colorées acquièrent une coloration tégumentaire plus vive que les témoins. Les cellules se colorent vitalement, selon un mode électif, spécifique de chaque feuillet. Dans le schizocœle branchial de *Molgula ampulloïdes*, coloré vivant, les amœbocytes colorés et vacuolisés deviennent la proie d'appareils ou urnes ciliés. — M. **Ed. Chatton** : *Sur un complexe xénoparasitaire morphologique et physiologique,* Neresheimeria catenata *chez* Fritillaria pellucida. L'auteur considère la *Neresheimeria*, parasite de la *Fritillaria*, comme un complexe formé de la plaque syncytiale, organe de l'hôte, et d'un plasmode parasite de structure uniforme, mais creux et bourgeonnant. La plaque syncytiale,

devenue la nourrice du parasite, subit de ce fait une hypertrophie fonctionnelle de sa masse et de ses rhizoïdes. Elle devient elle-même parasite de l'organisme auquel elle appartient, intermédiaire actif entre lui et l'intrus. Le complexe ainsi formé est si intime qu'il apparaît morphologiquement et physiologiquement comme un tout indivis, comme un organisme autonome. — M. E. **Roubaud** : *Mode d'action du trioxyméthylène en poudre sur la larve d'Anophèle.* Les effets produits sur les larves d'Anophèles par l'ingestion de la poudre de trioxyméthylène sont de deux sortes : une action neurotoxique, qui détermine très rapidement la paralysie totale, et une action conservatrice, *post mortem*, qui protège les tissus contre les bactéries de la putréfaction. L'action paralysante s'explique par l'accumulation des particules de poudre dans la région initiale de l'intestin moyen, au niveau de la grosse masse ganglionnaire thoracique. — MM. **A. Mayer, L. Plantefol** et **A. Tournay** : *Action physiologique de l'éther diméthylique dichloré symétrique.* Cet éther provoque chez le chien des troubles très particuliers de l'équilibration, accompagnés d'un nystagmus extrêmement marqué. Ce corps paraît donc avoir, dans cette espèce animale, une action spécifique sur l'appareil nerveux central assurant l'équilibration, et peut-être même, plus précisément, sur l'appareil labyrinthique. — MM. **A. Marie** et **L. Mac Auliffe** : *Etude de 344 romanichels.* Les romanichels présentent comme caractères craniens dominants une mésocéphalie ou une sous-brachycéphalie très prononcée; leurs yeux sont fortement pigmentés, leurs cheveux vont surtout du châtain foncé au noir pur. La taille s'élève en raison directe de l'allongement du crâne. — M. **R. Cambier** : *Sur l'épuration des eaux d'égout par les boues activées.* Le sulfure de fer contenu normalement, ou artificiellement introduit dans les boues activées, paraît être un important facteur de l'action épurante et nitrifiante que cette boue présente à l'égard de l'eau d'égout.

Séance du 12 Juillet 1920

1° Sciences mathématiques. — M. **J. A. L. Waddell** : *De l'emploi économique des alliages d'acier dans la construction des ponts.* On peut arriver à réaliser des économies dans la construction des ponts métalliques en substituant des aciers spéciaux à l'acier ordinaire au carbone. L'auteur avait donné avant la guerre les conditions avantageuses de cette substitution et montré qu'elles se réalisent, pour les aciers au nickel, dans la construction des ponts de chemins de fer à vapeur à arche unique et de certains ponts cantilever à très longue portée principale. Aujourd'hui, le prix des aciers au nickel en prohibe l'emploi dans la construction des ponts métalliques, mais ils peuvent être remplacés avec avantage par un acier contenant : C, 0,25 %; Mn, 0,75; Cr, 0,75; Mo, 0,75. — M. **Ch. Ed. Guillaume** : *L'anomalie d'élasticité des aciers au nickel; réalisation d'un élinvar et son application à la chronométrie.* Le coefficient thermo-élastique des aciers au Ni passe par deux valeurs nulles pour 29 et 45 % de Ni, tout en présentant un maximum accusé vers 36 % de Ni. L'addition d'un troisième élément à ces aciers, le chrome, permet de diminuer cette anomalie et de réaliser un alliage tel que le module d'élasticité ne varie pour ainsi dire pas sur un long espace de température. L'emploi de cet acier ternaire, dit élinvar, comme spiral compensateur actionnant un balancier monométallique, permet de réaliser la compensation complète des écarts de marche des montres avec la température. — M. **P. Chevenard** : *Etude de l'élasticité de torsion des aciers au nickel à haute teneur en chrome.* L'auteur a étudié l'élasticité de torsion des alliages de fer et de nickel fortement additionnés de chrome et tracé des réseaux étendus des changements du module, en fonction à la fois de la température et de la composition. C'est au voisinage de 12 % de Cr que se trouve réalisé un alliage à élasticité parfaitement constante sur un large intervalle de température (élinvar absolu). — M. **E. Jouguet** : *Remarques sur les lois de la résistance des fluides.* Les considérations de similitude, invoquées par de nombreux auteurs, ne fournissent pas une théorie de la résistance des fluides : elles ne donnent qu'un cadre pour une telle théorie. Elles doivent être complétées en montrant comment on peut échapper au paradoxe de d'Alembert, en vertu duquel la résistance d'un fluide non visqueux est nulle si le mouvement est nul à l'infini. L'auteur a montré comment on y arrive pour les fluides incompressibles. Pour les fluides compressibles aux vitesses supérieures à celles du son, l'échappatoire est fournie par la présence de l'onde de choc, constatée par l'expérience.

2° Sciences physiques. — M. **Pauthenier** : *Etude du rapport des retards absolus dans le sulfure de carbone pour des durées de charge croissantes. Apparition de l'électrostriction.* Il est absolument nécessaire d'opérer avant l'établissement de l'électrostriction pour contrôler que le rapport des retards absolus est bien égal à —2, conformément à la théorie de l'orientation. Il se trouve, en effet, que, dans le cas particulier du sulfure de carbone, l'électrostriction compense presque exactement, en champ uniforme, l'effet de la biréfringence pour les vibrations perpendiculaires au champ. — M. **C. Florisson** : *Sur le contact rectifiant galène-métal. Sensibilisation artificielle et remarques diverses.* On peut sensibiliser des échantillons de galène, naturellement non sensibles, en les chauffant dans une flamme de soufre. Il y a formation d'une couche superficielle particulière, contenant probablement plus de soufre que PbS. Cette couche produite artificiellement existe sur les galènes naturellement sensibles, à la surface des cristaux élémentaires, avec des propriétés absolument identiques. — M. **H. Weiss** : *Les constituants formés par pénétration réciproque du zinc et du cuivre à une température où ces deux métaux et tous leurs alliages sont à l'état solide.* L'auteur a observé la formation des constituants suivants, après un chauffage de 2 jours à 400° : le zinc pur ou sa solution solide π, le constituant ε, le constituant γ, une très fine zone de constituant β, le cuivre ou sa solution solide α. La formation de tous ces constituants et la variation évidemment discontinue de composition, d'une zone à l'autre, semble indiquer que cette pénétration réciproque est due à des réactions chimiques, donnant naissance à des composés définis qui se dissolvent entre eux ou diffusent les uns à travers les autres. — MM. **L. Maquenne** et **E. Demoussy** : *Action catalytique des sels de cuivre sur l'oxydation à l'air des composés ferreux.* Les sels de cuivre exercent sur les composés ferreux une action catalytique qui a pour effet de favoriser leur oxydation à l'air. Cette action activante, appréciable déjà aux plus extrêmes dilutions et sensible aux moindres changements de composition du milieu, est dans une certaine mesure spécifique, et par conséquent comparable à celle des diastases dont elle ne diffère qu'en ce qu'elle s'exerce en l'absence de toute substance organique. L'effet dont il s'agit est indépendant du degré de dissociation électrolytique des sels ferreux et cuivriques; par contre, il est en rapport direct avec leur dissociation hydrolytique. — MM. **R. Lespiau** et **Garreau** : *Sur les phénylpropines.* L'action de l'épidibromhydrine sur C^6H^5MgBr donne le composé $C^6H^5CH^2CBr : CH^2$, qui, traité par KOH alcoolique, fournit, avec migration de la triple liaison, le phénylpropine $C^6H^5.C{\equiv}C.CH^2$, Eb. 181°. En faisant réagir, au contraire, le propylène tribromé sur C^6H^5MgBr et traitant par le sodium, on arrive au phénylpropine $C^6H^5.CH^2.C{\equiv}CH$, Eb. 166° avec polymérisation. — M. **G. Mignonac** : *Sur l'hydrogénation catalytique des nitriles; mécanisme de la formation des amines secondaires et des amines tertiaires.* L'hydrogénation du benzonitrile en présence de nickel réduit et en milieu anhydre fournit NH^3, de la benzylamine et de la benzalbenzylamine. L'auteur admet qu'il se forme d'abord de la benzaldimine $C^6H^5.CH : NH$, qui se condense en donnant NH^3 et de l'hydrobenzamide; l'hydrogénation de cette dernière fournit ensuite la benzalbenzylamine et la benzyl-

amine. — M. G. **Bertrand** et Mme **Rosenblatt** : *La chloropicrine agit-elle sur les ferments solubles?* La chloropicrine ne possède qu'une faible action inhibitrice sur les ferments solubles : sucrase, uréase, catalase, zymase, laccase, tyrosinase. Etant donnée son action très rapide sur les développements microbiens, elle constitue un des meilleurs réactifs pour séparer les transformations diastasiques des transformations cellulaires.

3° Sciences naturelles. — M. G. **Zeil** : *Sur la constante proportionnelle reliant la fréquence sismique à la fréquence des chutes pluviales.* L'auteur a constaté que la fréquence des chutes pluviales et celle des sismes évoluent parallèlement et suivant un rapport constant; seule, la région de l'Amazonie présente une anomalie, explicable par des conditions particulières. Cette relation qui unit la sismicité aux chutes pluviales confirme le rôle que jouent l'érosion et l'alluvionnement, d'après les théories de l'auteur, dans la genèse des tremblements de terre. — M. P. A. **Dangeard** : *Vacuome, plastidome et sphérome dans* l'Asparagus verticillatus. L'auteur a mis en évidence, soit par l'observation directe, soit par les méthodes histologiques, l'existence, chez l'*Asparagus verticillatus*, des trois systèmes indépendants qu'il a caractérisés dans la cellule végétale : vacuome, plastidome et sphérome (voir p. 125). — M. G. **Arnaud** : *Une maladie bactérienne du lierre* (Hedera Helix *L.*). L'auteur a observé aux environs de Paris une maladie du Lierre commun causée par une Bactérie, le *Bacterium Hederae* n. sp. Elle présente une analogie frappante avec celle qu'on appelle en France la « graisse du Haricot » (taches huileuses sur le limbe). Le développement de la maladie semble favorisé par l'humidité venant du sol. — M. A. **Vandel** : *Sur la reproduction des Planaires et sur la signification de la fécondation chez ces animaux.* Les phénomènes de reproduction asexuée ne se manifestent, en Europe, que chez 4 espèces de Triclades paludicoles; la scission résulte de la fixation très ferme de la partie postérieure au substrat, tandis que la partie antérieure continue à avancer. Le phénomène de scission est fonction de deux facteurs: 1° de la résistance des tissus (les individus sexués ne se coupent jamais), 2° d'un affaiblissement physiologique de l'individu. Le même individu peut passer successivement par les deux états, sexué et asexué. La fécondation et les phénomènes ultérieurs qui se déroulent à sa suite ont pour conséquence un rajeunissement considérable de l'organisme. — M. Ch. **Pérez** : *Sur un Cryptoniscien nouveau, parasite intrapalléal d'une Sacculine; un cas de parasitisme au 3e degré.* L'*Ostracotheres spondyli* Nob. a pour parasite, outre un Bopyrien, une Sacculine qui héberge à son tour un Cryptoniscien de la famille des Liriopsidés, qui constitue ainsi un parasite au 3e degré. Celui-ci, entièrement enfermé dans la cavité générale de son hôte, y vit à l'état grégaire; on rencontre côte à côte plusieurs femelles adultes, un grand nombre de mâles cryptonisciens, et éventuellement des stades de transition, correspondant à la phase évolutive où le mâle se transforme en jeune femelle. — M. **Miramond de Laroquette** : *Analogies et différences d'actions biologiques des diverses radiations du spectre solaire.* Pour des intensités égales d'énergie rayonnante absorbée par un même tissu, les effets sont sensiblement identiques, quelle que soit la nature des radiations du spectre solaire en jeu. Celles-ci paraissent surtout se différencier par leur degré variable de pénétration, et conséquemment par leur niveau d'absorption et d'action dans les tissus. Les rayons ultra-violets ne pénètrent que quelques dixièmes de mm. de tissus; leur action est donc superficielle. Les rayons infrarouges ont une pénétration directe limitée et mal déterminée. Les rayons lumineux sont relativement pénétrants. — MM. F. **Widal**, P. **Abrami** et M. N. **Iancovesco** : *Possibilité de provoquer la crise hémoclasique par injection intraveineuse du sang portal recueilli pendant la période digestive. Action du foie sur les protéides de désintégration incomplète provenant de la digestion et charriés par la veine porte.* Les expériences des auteurs montrent qu'à l'état normal la digestion des matières albuminoïdes s'accompagne de l'absorption, par la muqueuse gastro-intestinale, non seulement d'acides aminés, comme on l'admet généralement à l'heure actuelle, mais de produits protéiques non encore désintégrés jusqu'à ces termes ultimes de la protéolyse; ces produits se retrouvent dans la veine porte en quantité suffisante pour que l'injection de 40 cm³ de sang portal, ou la dérivation de ce sang dans la veine cave inférieure, déterminent une crise hémoclasique typique. Cette crise, témoin de l'insuffisante élaboration des substances azotées de la digestion, se produirait constamment au cours des repas, si le foie, interposé entre l'intestin et le reste de l'organisme, ne protégeait celui-ci en arrêtant ces produits nocifs, soit en les fixant, soit en les transformant. Il s'agit donc là d'une fonction spéciale de la cellule hépatique, fonction « protéopexique » ou « protéophylaxique ». — M. Ch. **Porcher** : *Le lait et la fièvre aphteuse.* Au cours de la fièvre aphteuse, qu'il y ait ou non des lésions sur les trayons, il importe de procéder aux traites comme à l'ordinaire, voire même de les multiplier jusqu'à 3 et 4 fois par jour. La gymnastique fonctionnelle ainsi intensifiée de la glande, au cours de la maladie, permettra à la sécrétion d'approcher de près le taux qu'elle avait auparavant, et ceci plus rapidement.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 22 Juin 1920

M. le Président annonce le décès de M. A. **Demons**, correspondant national.

M. **Léon Bernard** présente, au nom d'une Commission spéciale, un Rapport sur les *Instituts médicaux.* Il propose à l'Académie de Médecine de voter la motion suivante : L'Académie de Médecine estime qu'il y a lieu de créer des établissements de culture des sciences médicales dans le but de faire progresser ces sciences et de former des savants et des spécialistes. Elle pense que ces établissements, désignés sous le nom d'Instituts (de telle ou telle de ces sciences) doivent être construits et aménagés de façon à remplir un but bien déterminé; qu'ils doivent être pourvus de l'outillage le plus perfectionné; qu'il est nécessaire qu'ils soient dirigés par des savants spécialisés, se consacrant d'une manière exclusive à leurs fonctions; que le plus urgent de ces Instituts est celui d'Hygiène, en raison du rôle social considérable joué par cette science et de la nécessité de former en France toute une cohorte d'hygiénistes compétents.

Séance du 29 Juin 1920

M. A. **Netter** : *Origine commune de la varicelle et d'un certain nombre de zonas.* L'auteur signale un certain nombre de cas où le zona a succédé manifestement à un cas de varicelle et a été à son tour l'origine incontestable d'un autre cas de varicelle. La même observation a déjà été faite par Bokay en Hongrie en 1909 et par Le Feuvre dans le sud de l'Afrique en 1913 et 1917. Dans ces cas, le zona et la varicelle sont sous la dépendance de la même cause; il y aura zona ou varicelle suivant que le virus infectieux se fixe ou non sur les ganglions intervertébraux ou leurs homologues craniens. M. **Pierre Marie** a observé des centaines de cas de zona, sans avoir jamais vu de varicelle. — M. H. **Hartmann** : *La splénectomie dans les ictères hémolytiques splénomégaliques.* L'auteur présente un homme de 27 ans, atteint d'ictère hémolytique familial datant de l'enfance et accompagné d'une hypertrophie considérable de la rate, chez lequel il a pratiqué la splénectomie il y a un mois. L'ictère a disparu au bout de 2 jours ainsi que la cholémie, et le nombre des hématies a rapidement augmenté, avec le taux de l'hémoglobine. C'est la 3e fois que l'auteur pratique cette opération dans des cas semblables, avec guérison des malades. Il ne semble pas douteux que la splénectomie, pratiquée couramment à l'étranger, ne soit le traitement de choix de l'ictère hémolytique splénomégalique.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 10 Juillet 1920

MM. **L. Vialleton** et **F. Granel** : *Première différenciation des os longs. Rôle des diverses parties dans l'ébauche des os longs.* Le développement du squelette est essentiellement le fait d'une différenciation histologique suivie de l'accroissement interstitiel des parties différenciées. L'accroissement interstitiel débute dans le précartilage, produisant d'abord la forme de ce dernier, l'orientation du membre par rapport aux axes du corps, puis l'orientation des différents segments du membre les uns par rapport aux autres. Il passe ensuite dans le cartilage, qui joue un très grand rôle dans la croissance. Enfin il se produit même dans certaines portions osseuses, dont les éléments s'accroissent seulement par opposition, il est vrai, mais sont disposés de telle manière que celle-ci aboutisse en fait à un véritable accroissement interstitiel de leur ensemble. — MM. **L. Launoy** et **M. Lévy-Bruhl** : *Sur les sérums antiprotéasiques : antiprotéases et agglutinines.* Le pouvoir antiprotéasique des sérums d'animaux préparés par filtrat n'est pas lié au développement des agglutinines. La présence de précipitines dans le sérum n'entraîne pas forcément l'existence du pouvoir antiprotéasique. — MM. **C. Bidault** et **G. Couturier** : *Action de la chaleur sur les vitamines de la viande.* Administrées à des rats, dans des conditions physiologiques choisies, les conserves de viandes stérilisées entre 104°-105° et 129°-130° se sont toutes montrées déficientes en facteurs accessoires de croissance et d'équilibre. — M. **Ch. Pérez** : *Le complexe éthologique du Spondyle sur les bancs perliers du golfe Persique.* Sur les bancs perliers du golfe Persique, on rencontre fréquemment un Spondyle, le *Sp. gaederopus* L., qui héberge constamment l'un ou l'autre de deux Crustacés commensaux : l'*Anchistus Miersi* et l'*Ostracotheres spondyli*. Ce dernier, à son tour, peut héberger deux Crustacés parasites, rarement réunis, un Bopyrien : le *Rhopalione uromyzon*, et une Sacculine, le *S. ostracotheris*. Enfin, la Sacculine elle-même héberge — parasite au 3e degré — un Cryptoniscien, l'*Enthylacus trivinctus*, qui vit à l'état grégaire dans sa cavité palléale. Le Spondyle est une espèce méditerranéenne immigrée ; ses commensaux directs sont des formes de l'océan Indien qui, n'ayant pas des exigences trop strictement spécifiques, ont trouvé dans le nouvel immigré des conditions analogues à celles que leur offraient leurs hôtes habituels antérieurs, et leurs parasites les ont suivis. — M. **P. Wintrebert** : *L'irritabilité, par les agents mécaniques, des embryons de Sélaciens* (Scylliorhinus canicula), *à l'époque de la contraction aneurale.* Seul, le muscle actif est irritable. Le muscle ne répond qu'à une stimulation directe ; toute excitation portée à distance, sur un autre tissu, reste sans réponse. L'effet d'une piqûre se localise à la chaîne myotomique piquée, et cette localisation prouve l'isolement fonctionnel de chacune des deux bandes myotomiques latérales. Un muscle profondément déchiré se contracture au point blessé, mais accélère au delà ses contractions cloniques. La conduction de l'excitation le long d'une chaîne myotomique s'effectue dans les deux sens et se montre indépendante de l'onde propagée. La contracture ne se propage pas. L'effet d'une excitation mécanique est toujours accélérateur, jamais inhibiteur. — Mme **L. Lapicque** : *Corrélation entre l'imbibition du muscle et sa chronaxie.* Sur la Grenouille verte, la Grenouille rousse et le Crapaud, les imbibitions dans les solutions salines sont beaucoup plus grandes sur un muscle rapide, comme le gastrocnémien, que sur un muscle lent, comme le cœur ou l'estomac. La façon dont les muscles s'imbibent dans les solutions salines est donc bien en relation avec la chronaxie, l'imbibition, conformément à la théorie de L. Lapicque, étant d'autant plus grande que la chronaxie est plus petite. — MM. **Monziols** et **Castel** : *Toxicité comparée de la quinine injectée en solution physiologique et en solution huileuse dans les muscles et dans les veines du chien.* L'huile quininisée est plus toxique que le sérum quininisé, mais cette différence de toxicité, peu accusée à la suite des injections intramusculaires, varie du simple au double après l'injection intraveineuse.

MM. **E. Fourneau** et **Comandon** sont élus membres titulaires de la Société.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 25 Juin 1920

M. **V. Auger** et Mlle **Ch. Caspar** ont préparé et analysé *quelques sels de cupferron*, sel d'ammonium de la phénylnitrosohydroxylamine. En solution acide, on obtient, avec l'acide molybdique employé en excès, le composé $C^6H^5N^2O^2MoO^3$, insoluble dans le chloroforme ; avec un excès de cupferron, c'est le composé $(C^6H^5N^2O^2)^2MoO^3$ qui prend naissance. Il cristallise en belles tablettes jaunâtres très solubles dans le chloroforme. L'antimoine donne le sel $Sb(C^6H^5N^2O^2)^3$ cristallisant en larges tablettes incolores de la solution chloroformique. Le bismuth fournit un précipité $Bi(C^6H^5N^2O^2)^3$ très peu soluble dans l'alcool, cristallisant en aiguilles du toluène bouillant. Le mercure fournit un sel cristallisé en aiguilles, peu soluble dans l'alcool. En solution neutre, le nickel et le cobalt donnent des sels très solubles dans l'alcool, en aiguilles respectivement vertes et roses, de formule Me : $(C^6H^5N^2O^2)^2$. — Au cours d'un travail sur les éthers de la choline, MM. **E. Fourneau** et **Page**[1] ont observé que, dans l'action de la triméthylamine sur les éthers de l'iodhydrine du glycol, il se séparait une certaine quantité d'iodure de tétraméthylammonium provenant, sans aucun doute, de l'action de la triméthylamine sur les iodures de la choline formés. Cette réaction accessoire, qui, dans ce cas particulier, a lieu déjà à 100°, se produit dans la plupart des cas où l'on met en œuvre des iodométhylates, et la température de réaction est variable suivant les iodométhylates employés. L'étude de cette réaction a été reprise et appliquée en particulier à l'iodométhylate d'éphédrine. Celui-ci, chauffé à 180° avec de la triméthylamine en solution dans un mélange à parties égales de benzène et d'alcool, donne quantitativement l'iodure de tétraméthylammonium, qui se sépare déjà dans les solutions chaudes, et la méthyléphédrine :

$$\begin{array}{l} C^6H^5CHOHCHCH^3 \\ \quad\quad | \\ \quad N(CH^3)^3I \end{array} + N(CH^3)^3 = \begin{array}{l} C^6H^5CHOHCHCH^3 \\ \quad\quad | \\ \quad N(CH^3)^2 \end{array} + IN(CH^3)^4$$

Cette méthyléphédrine, qui est active sur la lumière polarisée et qui n'a donc pas été racémisée par le chauffage avec la triméthylamine, paraît différente de celle qui a été isolée par Miller (*Arch. d. Pharm.*, 1902, p. 48[1]) des eaux-mères de la préparation de l'iodométhylate d'éphédrine. Son point de fusion, en effet, avant toute recristallisation, est de 80° (méthyléphédrine 60°) ; son chlorhydrate fond à 180°. Elle fournit un chlorhydrate d'un dérivé benzoylé cristallisé en belles aiguilles, fondant à 194-195° et doué d'un pouvoir anesthésique local très intense. Cette méthode permet donc de préparer facilement, en partant des iodures d'ammonium quaternaires, les bases tertiaires correspondantes. Elle peut avoir une certaine utilité dans les cas où la distillation sèche des iodométhylates s'accompagne, en tout ou en partie, de leur décomposition.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 29 Avril 1920

SCIENCES NATURELLES. — M. **J. W. Gregory** : *Les eskers irlandais.* Les « eskers » sont des bancs de sables et de graviers, qui se présentent sous forme de crêtes sur la plaine centrale de l'Irlande, où ils ont été déposés pendant le retrait des glaces à la fin de la période glaciaire. Ils ont été généralement attribués à des dépôts le long de rivières glaciaires, comme les

1. *Bull. Soc. chim.* (4), t. XV, p. 544 ; 1914.

« osar » suédois. Leur structure et leur composition indiquent que les « eskers » irlandais les plus importants ont été formés le long du bord des couches de glace en retrait par des inondations dues à la fonte de la glace. Les « eskers » formés le long de rivières glaciaires sont relativement petits et exceptionnels. L'accumulation des matériaux sous forme de crêtes et leur restriction entre 50 et 100 m. au-dessus du niveau de la mer sont attribuées au fait que les eskers se sont formés quand la glace entrait dans une couche d'eau, de mer probablement, car les fossiles marins sont abondants dans les dépôts adjacents et il n'y a aucun talus ayant pu maintenir un lac glaciaire à ce niveau. L'auteur propose de maintenir le terme *esker* pour désigner les crêtes et les monticules irlandais de sables et de graviers, mais d'employer en géologie glaciaire le terme d'*osar* pour les crêtes formées le long des rivières glaciaires et celui de *kame* pour les crêtes déposées par l'eau le long d'une couche de glace. — M. **B. Sahni** : *La structure et les affinités de* l'Acmopyle pancheri *Pilger. L'Acmopyle*, Podocarpée monotypique de la Nouvelle-Calédonie, est le membre le plus spécialisé des Podocarpinées, étroitement allié au genre *Podocarpus*, auquel il ressemble par son anatomie végétative, sa graine drupacée, la membrane de sa mégaspore, son embryon jeune, la structure du cône mâle, son microsporophylle, son grain de pollen et probablement son gametophyte mâle. Il diffère des *Podocarpus* par : 1° sa graine presque droite, 2° la fusion complète de l'épimatium avec l'intégument, même dans la région du micropyle, à la formation de laquelle il prend part, 3° le beaucoup plus grand développement du système vasculaire de la graine, qui forme un revêtement trachéen en forme de coupe presque continu couvrant les deux tiers basaux du noyau. Les Taxinées sont structuralement assez distinctes des autres Conifères pour justifier leur placement dans un phylum séparé, les Taxales, équivalent comme rang, et relié aux Ginkgoales et aux Coniférales. Les Taxales ont des affinités avec les Cordaïtales. En ce qui concerne l'écaille ovulifère des Conifères, l'auteur est favorable à la théorie du brachyplaste, hypothèse supportée par la structure du mégastrobile de l'*Acmopyle*. — Mlle **K. M. Curtis** : *Evolution et cytologie* du Synchytrium endobioticum (*Schilb.*) *Perc., cause de la maladie verruqueuse de la pomme de terre*. L'auteur a pu suivre l'évolution et la cytologie de cet organisme à travers tous ses stades. Elle a mis en lumière l'existence d'un processus sexuel qu'elle a suivi dans tous ses détails. Le sporange de repos continue à se développer après la destruction du tissu-hôte et donne naissance à de nombreuses zoospores uninucléées qui présentent un blépharoplaste bien marqué. Celles-ci parviennent à la surface de l'hôte et sont capables d'entrer dans la cellule épidermique de tout tissu en voie de division active. La zoospore s'applique fortement contre la surface et émet une projection en forme de cheville (à laquelle s'associe le noyau) qui se fraie un chemin à travers la paroi de la cellule de l'hôte. Après son entrée, le parasite devient la prosore, qui augmente de volume. 5 à 7 sporanges composent la sore mûre. Les sporanges libèrent des cellules mobiles, décrites jusqu'à présent sous le nom de zoospores. Elles sont plus petites que les zoospores des sporanges de repos, mais autrement identiques. Elles se comportent comme des gamètes facultatifs; elles peuvent soit fusionner entre elles et produire un zygote qui infecte plus tard l'hôte, soit rester séparées et se comporter comme des zoospores. Le résultat de l'infection par un zygote est un sporange de repos; le résultat de l'infection par un gamète non fusionné est une sore. Dans la prosore on observe une mitose normale, avec 5 petits chromosomes sphériques. Dans le sporange de repos, il n'y a pas de mitose; le noyau se désorganise, et des zoospores naissent des granules chromatiques qui apparaissent dans le cytoplasme.

Séance du 6 Mai 1920

Sciences physiques. — M. **C. T. R. Wilson** : *Recherches sur les décharges de la foudre et sur le champ électrique des orages*. Les observations ont été faites à l'Observatoire de Physique solaire, de Cambridge, par des méthodes déjà décrites. Les variations subites produites dans le gradient de potentiel par le passage des décharges de la foudre, enregistrées en 1917, ont été positives dans 432 cas, négatives dans 279. La valeur moyenne du moment électrique 2 QH (Q étant la quantité déchargée et H la hauteur verticale dont la décharge s'est déplacée) d'une décharge par la foudre est d'environ 3×10^{16} u. e. s. $\times$ cm., soit 100 coulombs-kilomètres. La quantité moyenne déchargée est de l'ordre de 20 coulombs. La grandeur des potentiels atteints dans les nuages à orages est de l'ordre de 10^9 volts. Le taux de séparation verticale des charges dans un nuage orageux peut atteindre quelques coulombs par seconde, autrement dit le courant vertical à travers le nuage est de l'ordre de quelques ampères. Un nuage orageux ou un nuage à pluie peut être considéré comme un générateur électrique capable de maintenir entre ses pôles une f. é. m. de l'ordre de 10^9 volts. Il tend à maintenir un courant électrique allant de la terre aux couches conductrices de l'atmosphère supérieure, ou dans une direction inverse, suivant que sa polarité est positive ou négative. La différence qui doit exister dans la conductivité de l'air au-dessus des nuages à pluie de polarité + ou —, par suite de la grande différence entre les mobilités des ions négatifs et positifs entraînés de la couche conductrice par le champ du nuage, fournit une explication possible du gradient de potentiel positif normal à une certaine distance des nuages à pluie. Elle rend compte également du signe négatif prédominant des gradients de potentiel associés aux nuages à pluie et de la prépondérance de la pluie chargée positivement et des décharges positives de la foudre, c'est-à-dire des décharges qui produisent une variation positive du gradient de potentiel. — M. **W. E. Dalby** : *Recherches sur les propriétés élastiques et l'étirement plastique des métaux*. L'auteur a obtenu un nouveau type de diagramme d'étirement sous l'action d'une charge avec enregistrement automatique. L'étirement de la pièce à essayer est multiplié par 150 par l'instrument de l'auteur, ce qui permet de voir sur le négatif un étirement de 3 %, et la ligne élastique apparaît sous une inclinaison d'environ 60°. On peut donc étudier la forme de la ligne élastique et observer le phénomène de l'étirement. L'enlèvement de la charge, puis son rétablissement produisent une boucle sur le diagramme, et plusieurs de celles-ci peuvent être décrites sur chaque négatif. La comparaison des diagrammes à boucles montre que chaque métal est caractérisé par sa ligne élastique et ses boucles.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

31e ANNÉE Nos 17-18 15-30 SEPTEMBRE 1920

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences, de l'Académie de Médecine

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Le major général W. C. Gorgas. — Le 3 juillet dernier est mort à Londres, où il était de passage, le major général W. C. Gorgas, chirurgien général de l'armée des Etats-Unis, l'homme qu'on a pu appeler « le Napoléon de l'Hygiène ».

Né le 3 octobre 1854 à Mobile, il avait fait ses études aux Etats-Unis et pris du service dans l'armée comme chirurgien. Jusqu'en 1898, époque où il fut nommé officier sanitaire en chef à la Havane, il ne s'était pas encore signalé à l'attention publique. La Havane était alors un des foyers les plus meurtriers de la fièvre jaune. A cette époque, quatre médecins, Reed, Carroll, Agramonte et Lazear établirent le rôle du *Stegomyia fasciata* comme agent vecteur du parasite, alors inconnu, de cette maladie. Dès qu'il se fut persuadé de la réalité du fait, Gorgas, avec un discernement, un tact, mais aussi une fermeté et une ténacité remarquables, inaugura une campagne contre les moustiques qui, en un temps relativement court, purgea pour jamais la Havane du terrible fléau qui y avait fait tant de victimes.

Ce brillant résultat lui valut le grade de colonel, et sa nomination comme chirurgien général adjoint de l'Armée américaine. Puis il fut envoyé à l'isthme de Panama, autre région célèbre dans les annales de la Pathologie tropicale par son insalubrité, et où la malaria et la fièvre jaune n'avaient cessé de faire rage. Son œuvre s'y heurta à plus d'un obstacle de la part de l'administration du canal; mais, soutenu par un autre homme de sa trempe, Théodore Roosevelt, qui était alors président des Etats-Unis, il sut les surmonter, et en quelques années parvint à assainir complètement la Zone du Canal et à la rendre parfaitement habitable pour les travailleurs et le personnel de l'Administration du canal interocéanique. Pour reconnaître la valeur de son œuvre, la Société Royale de Londres lui décerna sa médaille Buchanan, et l'Ecole de Médecine tropicale de Liverpool sa médaille Mary Kingsley.

En 1913, Gorgas, à la demande de la Chambre des Mines de Johannesbourg, se rendait dans l'Afrique du Sud pour étudier la prévention de la pneumonie parmi les mineurs natifs du Rand. Puis il revenait à la fièvre jaune — que son rêve était d'extirper de la surface du globe; il allait en étudier les foyers endémiques de l'Amérique du Sud, et parvenait à éteindre le plus terrible d'entre eux, à Guyaquil, dans l'Equateur.

La Grande Guerre vint, comme chirurgien général de l'Armée américaine, l'obliger à organiser le service médical de cette dernière; mais, dès la cessation des hostilités, son attention fut ramenée sur la fièvre jaune. C'est en se rendant, pour un voyage d'études, à la côte occidentale d'Afrique, qu'il tomba malade à Londres et mourut au bout de quelques jours à l'Hôpital militaire de la reine Alexandra. Ses obsèques ont eu lieu à la cathédrale de Saint-Paul, avec tous les honneurs militaires.

Sans avoir été un chercheur scientifique au sens précis de ce terme, Gorgas a eu le grand mérite de consacrer ses brillantes qualités d'administrateur et d'homme d'action à l'application des découvertes de l'Hygiène et de la Pathologie tropicales, et de compléter ainsi l'œuvre des travailleurs de laboratoire pour le plus grand bénéfice de l'humanité.

§ 2. — Physique

Amplification des courants dans la flamme d'un bec Bunsen. — Quand un courant électrique traverse, entre deux électrodes de platine, la flamme d'un bec Bunsen, le gradient du potentiel dans la flamme est habituellement beaucoup plus grand au voisinage de l'électrode négative que partout ailleurs. Cette chute de potentiel au voisinage de la cathode augmente beaucoup la résistance de la flamme. En recouvrant la cathode d'une couche de sel ou de chaux, on fait disparaître la forte chute de potentiel cathodique, ce qui peut rendre la résistance de la flamme une centaine de fois plus faible.

En augmentant l'émission électronique de la cathode chaude, on peut donc diminuer la chute de tension cathodique. Inversement, en diminuant l'émission électronique de la chaux ou du sel qui recouvrent la cathode, on peut espérer faire apparaître à nouveau

la chute négative et augmenter la résistance de la flamme.

On sait que, dans le cas des tubes à vide du type audion, l'émission électronique du filament est beaucoup affectée par le potentiel de la grille. Les expériences ont été conduites de manière à observer un effet analogue dans une flamme par l'introduction d'une troisième électrode ou grille, disposée près de la cathode et portée à des potentiels variables par rapport à la cathode. Les courbes représentant le courant à travers la flamme en fonction du potentiel de la grille sont très analogues à celles fournies par les amplificateurs à vide à trois électrodes. Toutefois, lorsqu'on porte la grille à des potentiels alternatifs, le dispositif ne fonctionne pas d'une manière aussi simple : une flamme se comporte pour les courants de haute fréquence comme une capacité plutôt que comme une résistance pure.

§ 3. — Chimie industrielle

Un nouveau procédé de vulcanisation du caoutchouc. — La presque totalité du caoutchouc manufacturé est vulcanisée par le procédé, découvert en 1839 par Goodyear, qui consiste à incorporer du soufre au caoutchouc brut et à chauffer le mélange vers 140° C. La méthode de Parkes — immersion du caoutchouc dans une solution diluée froide de chlorure de soufre dans le sulfure de carbone — n'est employée que pour la vulcanisation de certaines feuilles ou pellicules minces de caoutchouc.

M. S. J. Peachey, maître de conférences de Chimie au Collège de Technologie de Manchester, vient de faire connaître un procédé entièrement nouveau de vulcanisation, qui paraît appelé à un grand avenir[1]. Ce savant a constaté qu'en exposant alternativement le caoutchouc à l'action de deux gaz, l'anhydride sulfureux et l'hydrogène sulfuré, il se vulcanise rapidement et complètement, même à la température ordinaire. L'auteur invoque en faveur de son procédé les avantages suivants :

1° C'est une vraie vulcanisation sulfurée (distincte du traitement au chlorure de soufre), donnant un produit absolument comparable à celui qu'on obtient par le procédé Goodyear;

2° Il élimine l'emploi de la chaleur et en grande partie de la pression mécanique;

3° Il utilise deux gaz dont la production à bon marché et sur une grande échelle est facilement réalisable;

4° Son action est rapide;

5° Il permet au fabricant d'utiliser des agents de remplissage organiques, comme les déchets de cuir, la sciure de bois, les résidus de chaussures, etc., qu'on ne peut employer dans le procédé à chaud. On peut ainsi fabriquer au moyen de divers déchets des matériaux à bon marché et d'une bonne durée, utilisables pour la couverture des parquets et des murs, la fabrication des chaussures, les travaux de tapisserie.

6° Les matières colorantes organiques et même naturelles, qui, à quelques exceptions près, sont détruites dans la vulcanisation à chaud, peuvent être introduites dans les mélanges traités par le nouveau procédé et produisent des teintes délicates qu'on n'avait pas obtenues jusqu'à présent.

M. Peachey a déjà obtenu au laboratoire de nombreux échantillons de couvertures pour parquets, de cuirs fantaisie et de feutres pour chapeaux agréablement colorés et d'un fini remarquable. Plusieurs paires de souliers ont été fabriquées par son procédé avec du cuir retiré de déchets, et un essai pratique et rigoureux de plusieurs mois a montré leur grande résistance.

Le procédé de M. Peachey peut également être étendu à la vulcanisation du caoutchouc en solution. En saturant partiellement ou complètement d'hydrogène sulfuré une solution de caoutchouc dans le benzol ou le naphte, puis ajoutant une solution d'anhydride sulfureux dans le même solvant, le liquide se prend en quelques instants en une gelée épaisse, et en éliminant le solvant par évaporation on obtient un caoutchouc complètement vulcanisé. L'emploi de ce mélange de solutions pour la production de réparations et de joints parfaitement vulcanisés s'est montré très satisfaisant en pratique.

Les nombreux essais très concluants faits au laboratoire paraissent pouvoir être transportés très facilement à l'usine, étant donnée l'extrême simplicité des opérations.

1. *The Chem. News*, t. XXI, n° 3142, p. 5; 2 juillet 1920.

§ 4. — Géologie

Les richesses minérales de l'Afrique du Nord. — M. L. Joleaud, maître de conférences à la Faculté des Sciences de Paris, a récemment exposé l'état actuel de cette intéressante question dans une conférence à la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale. La grande compétence du conférencier en matière de géologie nord-africaine, fruit de nombreuses études sur le terrain, donne à ses appréciations une autorité qui permettra au lecteur de se faire une idée exacte des richesses minérales de notre empire nord-africain, au sujet desquelles tant d'erreurs et d'exagérations ont été écrites.

Pour que le Maroc, l'Algérie et la Tunisie jouent dans la France de demain un rôle analogue à celui que la Numidie et la Mauritanie ont joué dans l'histoire de Rome, il faut que les gîtes miniers y soient mis sans tarder en valeur, qu'un vaste réseau de voies ferrées s'étende de Tanger à Gabès, et que de bons ports, peu nombreux mais bien outillés et spécialisés, soient créés sur la côte atlantique. Le traitement sur place de la majeure partie des minerais restera, en effet, longtemps impossible dans l'Afrique du Nord, faute de combustible en quantités suffisantes.

De la *houille* a bien été exploitée récemment dans le Tell méditerranéen, près d'Oran, de Dellys, de Medjez el Bab (Tunisie); mais, en aucun de ces points, les couches ne se poursuivent longtemps en profondeur. Des considérations géologiques permettent de croire à l'existence de la houille en quantités exploitables dans le Tell barbaresque, par exemple dans le Riff, dont l'exploration géologique est à peine ébauchée, mais il est peu probable qu'on en trouve plus au sud : l'affleurement de houille découvert par Flamand près de Colomb-Béchar doit être considéré comme exceptionnel.

Il existe des *lignites* exploitables : à Marceau, aux environs de Constantine, à Smendou, à Rouached, au cap Bon. Ces gisements peuvent constituer une réserve de combustible fort utile dans les périodes de crise économique comme celle que nous traversons en ce moment.

Il est encore trop tôt pour dire si le sous-sol de la Berbérie est riche en *pétrole*. Des forages en donnent à Tilouanet, près de Relizane, et des suintements ont été reconnus au Maroc. La mission dirigée dans ce dernier pays en 1917 par M. Louis Gentil, et dont M. Joleaud a fait partie, a permis de localiser les recherches de pétrole dans l'Afrique du Nord; quelques-unes des recherches entreprises d'après ses indications ont déjà donné des résultats, mais c'est seulement lorsqu'on aura levé exactement la carte de tous les terrains capables de recéler du naphte que l'on pourra localiser définitivement l'effort des recherches techniques.

Si, dans l'Afrique du Nord, les combustibles minéraux paraissent manquer, fort heureusement d'autres richesses minérales y sont très abondantes : ce sont les minerais de fer, de zinc et de plomb, et les phosphates.

Certains gisements de *fer* importants, situés près de la côte et, pour cette raison, exploités depuis longtemps, sont sans doute sur le point d'être épuisés (Beni Saf, Mokta el Hadid) ; mais beaucoup d'autres, très riches et encore vierges, parce que situés un peu plus loin de la côte, n'en demeurent pas moins assurés d'excellentes conditions économiques lorsqu'ils seront mis en valeur. C'est ainsi que déjà la production annuelle de 1.500.000 tonnes réalisée avant la guerre pourrait être

facilement doublée par l'appoint des nouvelles mines du département de Constantine. Les gisements filoniens sont de beaucoup les moins nombreux; ils sont composés de carbonate de fer en profondeur et d'oxydes en surface; les plus importants et les plus nombreux sont ceux qui se lient à des calcaires. Grâce à leur mode de formation, ces gîtes de fer, les plus intéressants, se prêtent merveilleusement à l'aménagement en minières; ceux de la Tunisie sont activement exploités ou à la veille de l'être, grâce au remarquable réseau ferré qui les dessert.

Le *zinc* et le *plomb* se présentent généralement associés; le zinc prédomine (120.000 t. de zinc et 60.000 t. de plomb produits chaque année en Algérie-Tunisie avant la guerre). Les gîtes, répartis un peu partout dans le Tell, sont plus fréquents à mesure qu'on va vers l'Est : strictement localisés au Tell en Oranie, ils s'étendent jusqu'à l'Atlas saharien en Tunisie. On peut penser qu'il en existe aussi au Maroc, non seulement dans le Rif (exploitations espagnoles de Melilla), mais aussi dans le Haut-Atlas.

Les minerais d'*antimoine* et d'*arsenic* forment un groupement minéralogique localisé dans un triangle dont les sommets sont Constantine, Bône et Aïn-Beida, et autour d'Hammam-Meskoutine dont les célèbres eaux chaudes renferment d'ailleurs de l'arsenic.

Les *phosphates* sont actuellement la richesse minérale la plus importante de l'Afrique du Nord. L'exportation annuelle des phosphates de l'Algérie-Tunisie s'élève à 2.500.000 tonnes. Depuis plusieurs années déjà, les redevances payées par les exploitations de Gafsa contribuent largement à équilibrer le budget tunisien, et le Gouvernement marocain escompte, lui aussi, de fortes recettes de la mise en adjudication des phosphates d'El Boroudj.

Des observations géologiques permettent de localiser les points possibles où gisent les phosphates algériens ou tunisiens; on pouvait espérer retrouver des phosphates près de la *meseta* marocaine, analogue à la meseta oranaise; c'est ce que l'expérience a prouvé. M. Joleaud a déterminé la relation qui existe entre la richesse en phosphate de chaux d'une région déterminée et la situation de cette région dans la paléogéographie des mers des premiers terrains primaires. Les résultats qu'on en tire permettent de délimiter nettement les régions où la rencontre des phosphates est possible en Berbérie. M. Joleaud croit que nous connaissons maintenant en Algérie et en Tunisie tous les gisements exploitables. Au Maroc, au contraire, le champ d'exploration reste largement ouvert, depuis le bord méridional de la meseta jusqu'à la limite du Sahara.

§ 5. — Botanique

Effet de la longueur relative du jour et de la nuit sur le développement et la reproduction des plantes. — MM. W. Garner et H. A. Allard[1] viennent de publier d'importantes observations qui montrent que la longueur relative du jour est, chez beaucoup d'espèces de plantes, un facteur de grande importance pour la croissance et la reproduction.

Des variétés hâtives, moyennes, tardives et très tardives de haricot soja, exposées à la lumière pendant toute la durée des jours d'été à Washington, fleurissent respectivement au bout de 26, 62, 73 et 110 jours. Exposées à la lumière pendant 12 heures par jour au moins, toutes ces variétés fleurissent en 28 jours au plus. Certaines variétés de tabac, de chrysanthèmes, de jacobée, etc., se comportent d'une façon analogue. D'autre part, certaines plantes, comme les *Raphanus*, *Hibiscus*, *Mikania*, ne fleurissent que si elles sont exposées longtemps à la lumière du jour.

En modifiant convenablement l'exposition journalière à la lumière, les auteurs sont parvenus à forcer certaines plantes annuelles à compléter deux cycles d'activités végétative et reproductrice alternatives en une seule saison. Ils ont trouvé d'autre part que la floraison peut être différée plus ou moins indéfiniment quand la durée d'exposition n'est pas favorable, ce qui aboutit à une prolongation correspondante de la période de croissance. En employant des lampes électriques à filament de tungstène pour accroître la période d'éclairage pendant les jours courts de l'hiver, on obtient avec plusieurs espèces des résultats analogues à ceux qu'on obtient pendant les longs jours naturels de l'été, c'est-à-dire que les phases végétatives ou reproductrices du développement sont accélérées ou empêchées, suivant les besoins spécifiques des plantes expérimentées.

Avec une période d'éclairage favorable à la fois à l'activité végétative et reproductrice, plusieurs espèces ont une tendance marquée vers l'état « toujours fleuri » ou « toujours en fruit ».

Dans toutes les espèces étudiées, la croissance (augmentation de hauteur) s'est montrée proportionnelle à la longueur de la période diurne d'éclairage.

§ 6. — Agronomie

La sélection des semences et le contrôle officiel en Hollande. — La Hollande nous donne un bel exemple de liaison entre la science et la pratique agricole et une démonstration frappante des services que celle-là peut rendre à celle-ci. Dans ce pays, comme dans certains autres, les Etats-Unis, par exemple, le fermier, loin d'ignorer la science ou de la tenir en suspicion, va au-devant d'elle et accueille ses avis avec le plus vif désir de les utiliser.

On va bien le voir par l'exposé que nous allons faire de la méthode de sélection des semences à laquelle se sont soumis les agriculteurs néerlandais[1].

Que fait le plus souvent le cultivateur? Se souciant peu du choix des semences, il se sert, presque toujours, des graines qu'il a récoltées, même si la qualité laissait à désirer. Cette méthode, la moins coûteuse, *en apparence*, ne tient aucun compte des progrès de l'Agronomie; c'est celle que devaient pratiquer nos pères dans les temps les plus reculés. L'agriculture hollandaise s'est affranchie de ces errements.

Le choix de la semence a le plus souvent une influence capitale sur le rendement et la qualité de la récolte. Or le choix d'une semence basé sur l'examen de ses caractères extérieurs est toujours insuffisant.

Il est nécessaire de connaître la valeur de la plante qui l'a produite.

Une semence d'une variété supérieure peut ne se distinguer en rien d'une semence inférieure, et *vice versa*. De plus, beaucoup de maladies se transmettent par la semence, sans que, le plus souvent, celle-ci décèle, au simple examen, l'infection dont elle est le siège. Il est donc, dans ce cas encore, nécessaire de connaître la plante entière pour savoir si sa semence est saine.

En conséquence, pour apprécier la valeur d'une semence, il ne faut pas seulement examiner celle-ci, mais bien la récolte *sur pied*. Seule une semence provenant de cultures inspectées pourra donner les garanties suffisantes. Il faut donc connaître l'origine d'une semence qu'on emploie.

D'après ces notions, il s'est organisé en Hollande un système de production des semences basé sur les trois principes suivants : 1° contrôle de l'origine de la semence; 2° examen de la récolte sur pied; 3° examen de la semence.

Pour éviter la fraude, il faut que ce contrôle et cette inspection soient exécutés par des organisations indépendantes et non intéressées. Ce sont des sociétés agricoles qui se sont chargées de ce soin; leur action a été

1. *Journ. Agric. Res.*, t. XVIII, p. 553-606; 1920.

1. *Semences néerlandaises*; notice offerte aux visiteurs de la Section d'Agriculture néerlandaise à l'Exposition pour la reconstitution des pays dévastés dans le nord de la France. Lille, 1920.

bientôt coordonnée, centralisée, guidée par un organisme scientifique, comme nous allons le dire.

Le première société agricole qui fonctionna dans ce sens (en 1903) inspecta d'abord 48 ha.; d'autres sociétés se mirent à la tâche et, en 1918, 21.824 ha. étaient visités par le « Service d'inspection sur pied ». En 1919, cette organisation a été coordonnée par une association fonctionnant pour toute la Hollande : le « Comité central pour l'inspection de la récolte sur pied », établi à Wageningen, siège de l'Université agricole de l'Etat, sorte d'Ecole supérieure de l'Agriculture comparable à notre Institut agronomique. Le secrétaire du Comité est M. J. D. Koeslag.

La marche des opérations est la suivante :

I. *Contrôle de l'origine des semences.* — Une récolte n'est pas examinée sur pied si l'origine de la semence n'a pu être indiquée. Les semences doivent provenir d'une récolte reconnue bonne l'année précédente ou de chez un sélectionneur.

II. *Examen sur pied.* — De nombreux inspecteurs parcourent les champs pendant les mois d'été et le jury donne des points concernant : 1° la pureté de la variété; 2° l'absence de maladie ; 3° l'impression générale ; 4° les mauvaises herbes. On juge également, pour les plantes à pollinisation croisée, du danger de croisement avec des variétés du voisinage.

III. *Examen de la semence.* — Les semences provenant de récoltes inspectées sur pied sont encore soumises à un examen sévère. Les contrôleurs prélèvent des échantillons des lots de semences préparés par les cultivateurs. Ils sont envoyés à la Station agronomique de l'Etat pour examen portant sur le pouvoir germinatif, la pureté et la valeur intrinsèque.

Puis ces échantillons sont examinés dans chaque province par un comité spécial sur les éléments suivants : couleur, odeur, poids du grain, etc. Seules les semences ayant justifié à cet examen sévère de qualités supérieures, sont admises.

Les sacs sont alors plombés avec la marque des sociétés agricoles, tandis qu'on y introduit un certificat où sont inscrits exactement le nom de la variété, le numéro du cultivateur, ainsi que le nom de la Société qui a contrôlé la récolte, de sorte que l'on peut vérifier l'origine de la semence. Aucun sac n'est expédié sans plomb et certificat. La garantie est donc complète.

Sans nous étendre sur les cas particuliers des diverses semences, nous voulons seulement attirer l'attention sur celui de la pomme de terre. Des travaux récents et en cours, extrêmement intéressants et importants, ont établi que le mal de la « dégénérescence » qui, avec le mildiou, réduit de moitié la production mondiale, est dû, avant tout, à des affections parasitaires (enroulement, mosaïque...) causées par des *ultramicrobes*. Elles sont transmissibles par les tubercules de semences. On conçoit donc que, pour la pomme de terre, plus que pour une autre culture, la nécessité de l'inspection se soit fait sentir. Aussi bien — on l'a éprouvé en Hollande — aucun autre produit agricole ne donne, avec des semences soumises au contrôle, des avantages aussi importants.

Il est certain que cette méthode de contrôle est coûteuse; mais, dans une exploitation agricole, la question n'est pas de savoir quelle est la façon de travailler la moins coûteuse, mais bien quelle est celle qui permet d'obtenir le plus grand bénéfice net.

Quand se décidera-t-on en France à organiser aussi la sélection des semences ?

J. Beauverie,
Professeur de Botanique à l'Université de Clermont-Ferrand.

§ 7. — Géographie et Colonisation

L'Expédition britannique de John L. Cope dans les régions antarctiques. — Une expédition britannique va prendre la route du pôle Sud sous le commandement de M. John L. Cope, qui avait jadis, comme chirurgien et biologiste, accompagné Shackleton dans son expédition de 1907-1909 et fait partie du groupe qui explora la mer de Ross. Cette nouvelle entreprise n'aura pas seulement pour but d'atteindre le pôle, mais en même temps d'étudier toutes les régions antarctiques, tant au point de vue scientifique qu'au point de vue géographique; aussi peut-on en attendre de nombreux résultats.

Le navire qui porte l'expédition est la *Terra Nova*, l'un de ceux qui aidèrent à ramener le capitaine Scott et ses compagnons en 1904, et qui ensuite, avec ce célèbre explorateur anglais, accomplit toute la traversée qui devait le conduire aux abords du pôle Sud qu'il atteignit, après Amundsen, le 17 janvier 1912. Aucun autre voyageur n'a revu ce point depuis cette date, et c'est le même navire qui amènera sur la route du pôle Sud celui qui espère l'atteindre à son tour. John L. Cope est muni aussi d'un autre engin de locomotion, d'un aéroplane, et, s'il le dirige au but, ce sera une brillante innovation, bien remarquable s'il survole toute cette zone montagneuse antarctique où il est des cimes dépassant 4.000 mètres. Déjà des voyageurs avaient eu la pensée d'utiliser les aéroplanes pour les explorations polaires, le Dr Charcot, l'aviateur Védrines, Amundsen et d'autres, mais jamais l'on n'était arrivé à une réalisation de leur emploi.

Cette expédition est annoncée comme devant être de longue durée; on parle de six années. Elle a donné un aperçu sur les principaux points dont elle compte s'occuper, et le programme présenté dénote bien que le chef de l'expédition et ses collaborateurs se rendent un juste compte de la haute utilité que peut offrir une étude approfondie des régions polaires, et en même temps des répercussions pratiques, trop longtemps méconnues, qu'offrent ces connaissances nouvelles.

La reconnaissance géographique est le prélude nécessaire de toutes recherches scientifiques; aussi les explorateurs se proposent-ils de délimiter tous les contours du continent antarctique. S'il nous importe de bien connaître les pôles, c'est tout d'abord parce qu'ils sont des centres d'actions diverses que l'on ressent sur de vastes étendues du globe, actions physiques, magnétiques, météorologiques; l'expédition va donc étudier la façon dont se manifestent ces actions dans la mer de Ross, et au cap Ann dans la Terre Enderby, pour se rendre compte de leur influence sur les conditions similaires observées en Australasie et dans le sud de l'Afrique. Les recherches géologiques et minéralogiques offrent aussi un intérêt évident, et l'expédition s'occupera de déterminer la position et l'étendue des dépôts minéralogiques et autres gisements que l'on sait exister dans la région antarctique et représenter une valeur importante, afin de rapporter toutes les données nécessaires pour leur développement pratique. Enfin, l'étude des courants pouvant fournir de précieuses indications sur la vie des animaux et par suite au sujet des pêches, l'expédition recherchera-t-elle aussi tout ce qui concerne la répartition et les lieux de migration des baleines, ce qui permettra de créer dans ce domaine de nouvelles industries.

Gustave Regelsperger.

LE TRICENTENAIRE DE L'ABBÉ PICARD

Le P. Pézenas, dans son *Histoire critique de la découverte des longitudes* (Avignon, 1775), nous dit que « Le Valois, un des astronomes à qui Morin avait envoyé sa *Théorie des Longitudes* pour en obtenir un jugement, était tellement exercé aux observations astronomiques, qu'il vint à bout de former le jardinier du duc de Créqui, *Picard, qui devint un des plus fameux astronomes de l'Europe* ».

« Serait-ce le célèbre Picard ? — ajoute Delambre, à qui nous empruntons les lignes qui précèdent. — Il y a peu d'apparence ; Picard, né en 1620, était prêtre, il savait la Géométrie, l'Optique, la Gnomonique, il écrivait en latin. — Comment un jardinier aurait-il appris tout cela ? Personne, en parlant de l'astronome Picard, n'a rapporté cette anecdote, qui paraît apocryphe. »

Il n'y a cependant là, croyons-nous, rien d'impossible. Assurément, l'illustre abbé Picard ne s'est pas occupé de travaux horticoles jusque dans son âge mûr, mais pourquoi aurait-on de la répugnance à le voir fils d'un jardinier et prenant part, pendant ses premières années, aux occupations de son père ? Un hasard heureux, la protection de M. Le Valois, par exemple, lui aura fait obtenir une bourse dans quelque collège, et les bonnes dispositions du jeune homme, son assiduité au travail auront fait le reste. Quoi qu'il en soit, Jean Picard, né à la Flèche le 21 juillet 1620, fut en relations avec Gassendi, et cela avant que celui-ci eût commencé son enseignement au Collège de France (23 novembre 1645) ; car nous le voyons, le 21 août de cette même année, observer, en compagnie du philosophe provençal, une éclipse de Soleil. Le maître appréciait les belles qualités de son disciple.

Picard suppléa peut-être Gassendi dans sa chaire du Collège de France, car la santé du titulaire de cette chaire l'obligea maintes fois à interrompre son enseignement. — Ce qui est certain, c'est que, lorsque Gassendi fut mort le 24 octobre 1655, Picard ne tarda pas à le remplacer, et ce que l'on sait du caractère de l'ami de Peiresc et de Galilée permet de croire que, sentant sa fin prochaine, il a mis toute l'influence dont il pouvait disposer au service de son jeune ami et s'est efforcé d'en faire son héritier intellectuel. — S'il en est ainsi, c'est un grand service que Gassendi a rendu à la science française.

Picard fut assurément un professeur consciencieux et zélé, mais, dans ses ouvrages, il n'est resté aucune trace de ce que fut son enseignement. C'est une différence entre lui et Gassendi, qui a publié le recueil de ses leçons sous le titre d'*Institutio astronomica*.

Quand l'Académie des Sciences fut créée en 1666, elle ne se composait que d'une vingtaine de membres, parmi lesquels se trouvait l'abbé Picard, qui, en octobre 1669, lui proposa un plan de travaux astronomiques qu'il est intéressant de reproduire ici :

« 1° L'éclipse de Soleil du mois d'avril 1670 devant être totale en Irlande et en Ecosse, il importe de se ménager des correspondances dans ces deux pays.

2° D'autant qu'il paraît, par le journal des observations qu'il a faites jusqu'ici, que toutes les tables du Soleil sont défectueuses, il est à propos de continuer avec un soin particulier de prendre des hauteurs méridiennes du Soleil et, pour cet effet, de mettre le grand quart de cercle en état d'y servir.

3° Il seroit encore nécessaire de commencer actuellement par faire, autant qu'il sera possible, une table de réfractions exprès pour Paris, suivant les différentes saisons et même suivant les différents changements de tems, marquant à chaque fois les vents et la constitution du thermomètre, pour voir si les changements qui arriveront aux réfractions ne seront point accompagnés de quelques marques certaines.

4° Comme il a découvert l'été dernier (en 1668) qu'on pouvoit voir les étoiles fixes en plein Soleil[1], il seroit d'avis de suivre journellement celles qui seront propres à cela, tant pour trouver leurs ascensions droites immédiatement, ce qui n'avoit point été fait, que pour déterminer les solstices aussi facilement qu'on peut avoir les équinoxes, et en même tems trouver journellement l'équation du tems.

5° Enfin, il seroit utile de faire une attention particulière aux diamètres du Soleil, lequel au solstice lui avoit paru de 4 à 5" plus petit qu'il n'étoit un an auparavant, et pour lier l'Observatoire que l'on construisoit alors à celui de Tycho, il propose le voyage d'Uranibourg. »

1. En cela, Picard se trompait. Il y avait longtemps qu'un savant provençal, nommé Joseph Gaultier, avait fait cette découverte, mais on conçoit aisément que l'abbé Picard n'ait pas été renseigné sur ce point, tant les communications scientifiques étaient alors difficiles et rares. — Morin croyait aussi être le premier qui eût vu des étoiles en plein jour.

Delambre, à qui nous empruntons ce programme, le déclare excellent : « Voilà d'excellentes vues, écrit-il, un bon plan d'observations; en effet, de bonnes tables du Soleil, un bon catalogue d'étoiles et une bonne table de réfractions, voilà les fondemens de toute Astronomie... Ce plan si raisonnable, on ne fut pas assez justement apprécié, on fut suivi trop négligemment. Picard ne cessa de le recommander, et nous appellerons école de Picard les astronomes qui suivirent ses idées, soit en France, soit dans tout autre pays. »

Si Delambre n'eût pas été prévenu contre Cassini, il aurait dû reconnaître que ce grand astronome, quand il fut installé à l'Observatoire, s'imposa un plan d'observations qui ne différait pas essentiellement de celui que nous venons de reproduire.

***

Picard n'avait d'ailleurs pas attendu d'avoir formulé ce remarquable programme pour se mettre au travail ; en 1669 et 1670, il exécuta sa fameuse mesure de la Terre, qui fut un véritable événement scientifique et qui eut la conséquence la plus importante que l'on puisse imaginer, puisque ce sont les résultats de cette mesure qui ont permis à Newton de formuler la grande loi de l'attraction universelle.

Picard refaisait là un travail dont les Anciens s'étaient occupés à diverses reprises. Successivement, Eratosthène, Posidonius, les Arabes avaient mesuré des degrés de méridien ; mais les résultats de ces mesures n'ont pas grande signification pour nous, puisque nous ignorons la valeur précise du stade ou du mille qui leur ont servi d'unités de longueur.

A une époque plus récente, Fernel avait mesuré, par un procédé ingénieux, mais peu précis, la longueur du degré compris entre Paris et Amiens, et il avait trouvé que cette longueur était de 56.746 toises de Paris et 4 pieds, résultat d'une exactitude surprenante, étant donnés les moyens grossiers dont il avait fait usage.

Au dix-septième siècle, le Hollandais Snellius et l'Italien Riccioli entreprirent de nouvelles mesures. Les procédés dont ils se servirent sont les mêmes qu'emploient aujourd'hui les géodésiens, et malgré le progrès considérable qu'était une triangulation s'appuyant sur des bases mesurées sur le terrain, la différence entre les résultats qu'ils publièrent était énorme. — Snellius donnait au degré une longueur de 55.021 toises de Paris, et Riccioli 62.900 ! — Autant dire que le nombre cherché était à peu près inconnu.

Et cependant, il était de la plus haute importance, même au point de vue pratique, que l'on fût renseigné avec précision sur ce point et que l'on pût réduire avec quelque certitude les degrés en milles et les milles en degrés. Grâce à Picard, la grandeur de notre globe fut désormais connue.

Il mesura l'arc de méridien compris entre Malvoisine, village du Gâtinais, et Sourdon, autre village qui se trouve en Picardie, à cinq lieues en deçà d'Amiens. « Ces deux lieux sont à peu près sous le même méridien, distants l'un de l'autre d'environ trente deux lieues, et, ce qui étoit encore considérable, on les pouvoit lier par des triangles avec le grand chemin de Villejuive à Juvisy, qui est fort long, assez droit, et tel qu'il le falloit pour servir de base fondamentale à toute la mesure. »

Du moulin de Villejuive au pavillon de Juvisy, on trouva une distance de 5.633 toises. Cette ligne fut la base de la triangulation, qui nécessita treize triangles. De grands feux, quand il le fallut, servirent de signaux. Finalement, on trouva que 38.430 toises et 4 pieds séparaient Malvoisine de Sourdon. Plus tard, Picard détermina la distance entre Notre-Dame de Paris et la cathédrale d'Amiens, monuments durables. — Enfin, on mesura la différence des latitudes entre les deux stations extrêmes, et une autre base, mesurée auprès de Sourdon, servit à vérifier l'ensemble du travail.

La conclusion fut qu'un degré de la circonférence de la Terre, supposée parfaitement sphérique, valait 57.060 toises. — La toise employée à cette occasion était une copie de la toise étalon déposée au Châtelet de Paris, et le malheur veut que cette toise ait été perdue.

Cette mesure du degré fut pour Picard l'occasion d'apporter un perfectionnement sérieux aux instruments astronomiques. Aux pinnules dont avaient fait usage Snellius et Riccioli, il substitua des lunettes munies d'une croisée de fils placée dans le plan focal de l'objectif. La précision des pointés y gagna beaucoup, ce qui n'empêcha pas cette innovation d'être combattue par ceux qui ne se faisaient pas une idée bien exacte de ce qu'est le centre optique d'une lentille.

***

L'abbé Picard avait, nous l'avons dit, proposé la liaison de l'Observatoire de Paris avec celui d'Uranibourg. Il fut chargé de cette mission et partit de Paris en juillet 1671, accompagné d'Etienne Villiard, jeune homme qu'il avait initié aux observations astronomiques. Ils passèrent par Leyde, où ils virent un géographe nommé Blaeu (Cœsius), qui leur montra le manuscrit

d'une mesure de degré qui était l'œuvre de son père. La différence entre ce degré et celui de Picard n'était que 60 pieds de Paris.

En Danemark, Picard visita les savants du pays, notamment Erasme Bartholin, qui lui remit une copie des observations de Tycho-Brahé. Il la rapporta à Paris, où Colbert voulut la faire imprimer. Mais, à la mort du grand ministre, il n'y avait que 68 pages in-folio de tirées, et on n'alla pas plus loin.

Picard arriva à Huène (Uranibourg) le 6 septembre 1671. Il était accompagné de Bartholin et d'un jeune astronome nommé Olaüs Rœmer[1], dont il avait remarqué les rares aptitudes et qui devait le suivre à Paris. Ils s'occupèrent de déterminer, avec toute la précision possible, la position de l'ancien observatoire de Tycho, entièrement détruit, et dont les matériaux avaient servi à construire des chaumières et des étables. Quelques restes de fondations en firent reconnaître l'emplacement, et c'est là que Picard établit le sien, qui n'était qu'une simple baraque en planches.

En ce qui concerne la latitude, Tycho avait trouvé des valeurs assez différentes les unes des autres, mais Picard n'en est pas surpris, car il y avait environ dix ans qu'il observait, « dans la hauteur de la polaire, des variations sensibles, dont la période est annuelle, et qui ne s'accordent ni avec la parallaxe, ni avec les changements de réfraction ». — Ces variations expliquent, selon Picard, les variations observées par Tycho.

Grâce à son habileté d'observateur, malgré la grossièreté relative de ses instruments, Picard avait aperçu le premier effet du grand phénomène de l'aberration, c'est-à-dire de la combinaison de la vitesse de la Terre, dans son mouvement annuel, avec la vitesse de la lumière. Soixante ans plus tard, Bradley devait s'immortaliser en expliquant cette aberration, et, bien plus tôt, Rœmer se couvrit de gloire, lui aussi, en découvrant que la propagation de la lumière n'est pas instantanée, sans se douter que les variations constatées par son maître se rattachaient à sa découverte.

Un fait qui surprit beaucoup Picard, c'est qu'en traçant la méridienne du lieu par l'observation du principal clocher de Copenhague, il trouva qu'elle différait de 18′ de celle que Tycho avait tracée. C'était une chose grave, qui pouvait faire croire que les pôles se déplacent rapidement sur la surface du globe, et il y avait contradiction avec la constatation qu'un autre académicien, M. de Chazelles, fit quelques années plus tard, de ce fait que les faces de la Grande Pyramide regardent exactement les quatre points cardinaux. Mais cette contradiction s'explique très simplement : Tycho-Braché et Picard n'avaient pas pris le même clocher comme point de départ.

A Uranibourg, comme à Paris et en diverses localités de la France, il mesura la longueur du pendule battant la seconde de temps moyen, qu'il trouva être partout de 440,5 lignes. Toutefois, on eut des doutes sur cette uniformité; aussi lorsque Richer, en 1672, fit le voyage de Cayenne, on lui recommanda spécialement la mesure du pendule.

Picard aurait voulu que le double du pendule battant la seconde fût choisi comme longueur d'une toise universelle qui aurait été à celle de Paris comme 881 est à 864.

En 1679, Picard, accompagné de La Hire, se rendit en Bretagne et, l'année suivante, en Guyenne pour vérifier certaines positions géographiques; ils corrigèrent des erreurs énormes qui déparaient la carte de France. En Bretagne, se trouvant aux environs de Quimper-Corentin, Picard eut le malheur de se casser une jambe, ce dont Colbert lui témoigna toute sa sollicitude; le ministre écrivit alors à l'intendant de la province, pour lui recommander l'astronome, qu'il s'inquiétait de « savoir incommodé, et peut-être sans secours ».

A partir de ce moment, il semble que la santé de Picard ait été languissante et qu'il n'ait plus été capable de travailler beaucoup. Du moins, selon Condorcet, dès 1680 il n'était plus en état d'exécuter par lui-même les grands projets qu'il avait fait agréer à Colbert. Selon le même historien de l'Académie, il mourut en 1684, mais d'autres le font mourir le 12 octobre 1682, et d'autres encore au commencement de 1683. Il est regrettable que nous soyons si mal renseignés sur la vie d'un homme qui est une des plus belles gloires de l'Astronomie française, mais c'est seulement en 1699 que le Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences eut la charge de prononcer l'éloge de ses confrères défunts. Fontenelle s'en était tenu à la lettre stricte de ses obligations, et l'on conçoit que lorsque Condorcet, en 1773, voulut écrire l'histoire des plus anciens membres de l'Académie, bien des renseignements précieux lui firent défaut, auxquels il lui fut tout à fait impossible de suppléer.

1. Rœmer était un protestant zélé, qui ne voulut pas rester en France quand l'édit de Nantes fut révoqué, bien qu'il n'eût personnellement rien à craindre, vu sa qualité d'étranger. — Cela ne l'empêcha point d'avoir pour Picard, prêtre catholique, une vive amitié et un profond respect, qui durèrent jusqu'à sa mort. — A l'Observatoire, les deux astronomes partagèrent le même appartement.

Avant de quitter l'abbé Picard, nous dirons qu'à différentes reprises, il fut, ainsi que La Hire et Rœmer, employé à des travaux de nivellement qu'aujourd'hui on confierait à de simples employés des Ponts et Chaussées. Picard avait grandement perfectionné l'art du nivellement dès l'époque où il s'occupait de la mesure de la méridienne, et il laissa en manuscrit un ouvrage spécialement consacré à cet art, que La Hire publia en 1684.

Ce qui est plus intéressant au point de vue astronomique, c'est que Picard a commencé la publication de la précieuse éphéméride qui s'appelle la *Connaissance des Temps*, dont le premier volume a paru en 1678 (pour l'année suivante). Depuis, cette publication n'a jamais été interrompue.

Les observations de Picard ont été publiées en 1741 par Le Monnier dans son *Histoire céleste*, dont le premier volume seul a paru, et qui devait comprendre toutes les observations faites en France depuis 1666. Par malheur, ces observations ne sont données qu'à l'état brut, sans aucune réduction.

On doit encore à Picard quelques opuscules publiés dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences*, notamment sur la pratique des grands cadrans solaires, ainsi que l'ébauche d'un *Traité de Dioptrique*.

Il nous semble qu'il serait dommage qu'on laissât perdre l'occasion qui se présente tout naturellement de rappeler le souvenir de cet homme, aussi savant que modeste [1].

E. Doublet,
Astronome à l'Observatoire de Bordeaux.

1. L'Observatoire de Paris ne possède aucun buste ou portrait de l'abbé Picard.

LA TREMPE ET LE REVENU DES PRODUITS MÉTALLURGIQUES

QUATRIÈME PARTIE : LE REVENU [1]

Le *revenu*, avons-nous dit, consiste à porter un métal trempé à une température inférieure au point de transformation. Son but est essentiellement de diminuer les effets de la trempe.

Il nous faut étudier l'influence du revenu sur les différentes propriétés et sur la structure des produits métallurgiques trempés. Mais nous ne devons pas oublier que la matière première offerte au revenu peut être essentiellement différente, bien que toujours trempée; cela provient soit de la composition du métal, soit des conditions mêmes de l'opération.

Quoi qu'il en soit, tout se réduit à trois cas :

a) L'état stable à température élevée n'a pas été conservé par trempe et l'on a obtenu de la martensite (cas du maximum de dureté);

b) L'état stable à température élevée a été intégralement maintenu; la structure est polyédrique (cas du maximum de mollesse);

c) La constitution correspond à l'existence d'un constituant colloïdal, représentant à l'état très divisé les constituants stables à température ordinaire : la troostite caractérise cette structure (cas d'une dureté faible, quoique plus élevée que celle du métal recuit).

Nous examinerons les variations apportées dans les propriétés par le revenu à ce triple point de départ : structure martensitique, structure polyédrique, structure à troostite, en nous souvenant toutefois que les produits trempés sont le plus souvent formés de plusieurs constituants juxtaposés.

I. — Influence du revenu sur les propriétés mécaniques

§ 1. — Alliages à structure martensitique

Nous notons avant tout une augmentation de la dureté, lorsque la température de revenu est faible, et cela dans la majorité des cas. Cette augmentation paraît d'autant plus sensible que, toutes choses égales, la température de trempe a été plus élevée.

Voici à titre documentaire (fig. 84) la courbe récemment publiée par M. Chévenard [1]; elle a trait à un acier à 0,82 % de carbone, trempé à l'eau à 775° (dureté Brinell). On note qu'après l'augmentation de dureté, relativement faible, l'abaissement se fait régulièrement.

Des recherches très importantes comme conclusions ont été faites par M. Maurer [2], dans un travail effectué au Laboratoire de M. Henry Le Chatelier.

1. Voir les trois premières parties de cet article dans la *Revue gén. des Sciences* des 15 et 30 juillet et 15-30 août 1920.

1. *Revue de Métallurgie*, t. XVI, p. 63; 1919.
2. *Revue de Métallurgie*, t. IV, Mémoires, p. 722; 1908.

Il a constaté, par la méthode de Shore (rebondissement d'un petit marteau), que deux aciers à 0,83 % et 1,2 % de carbone, trempés à 800°, ne présentent pas une augmentation de dureté

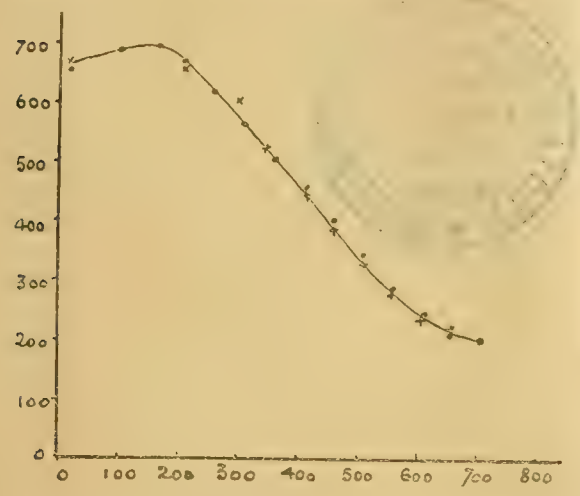


Fig. 84. — *Variation de la dureté Brinell en fonction de la température de revenu, pour un acier à 0,82 % de C, trempé à l'eau à 775°.*

au début du revenu. De même si le métal est trempé à l'huile à 1.000° (fig. 85). On sait que ces

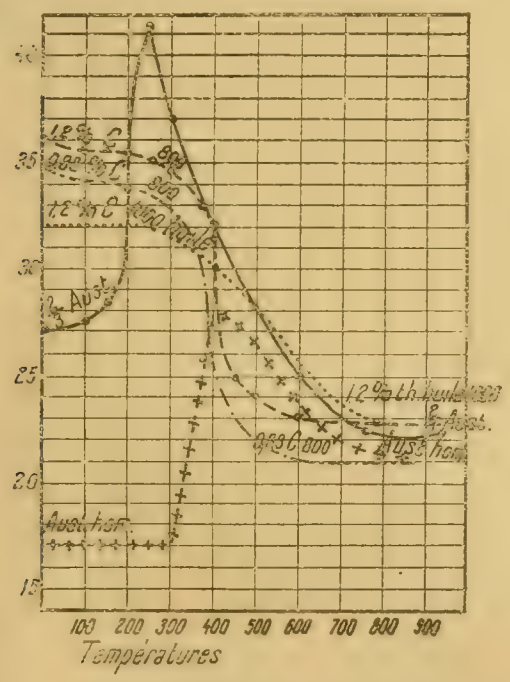


Fig. 85. — *Influence du revenu sur la dureté Shore de divers aciers trempés.*

En ordonnées, hauteur de rebondissement du marteau en cm. pour une hauteur de chute de 50 cm.

traitements produisent de la martensite ou de la troostite, et qu'il n'y a pas d'austénite.

Si l'on se trouve en présence d'un mélange d'austénite et de martensite, il en est tout autrement. M. Maurer a trouvé un maximum extrêmement accusé pour un acier qui, trempé de façon à avoir 1/3 martensite + 2/3 austénite, est revenu à 250°. Nous verrons plus loin le cas intéressant de l'austénite pure, dans lequel le maximum de dureté n'est obtenu qu'à 400°.

Les aciers à coupe rapide forment un exemple beaucoup plus net encore de la variation de dureté apportée par le revenu. Voici une série de déterminations faites sur l'acier : C = 0,65, Cr = 4, Tu = 18, Va = 0,9.

A l'état recuit, on a : Δ = 250 (bille de 10 mm. ; charge de 3.000 kg.).
Après trempe à 900° dans l'huile : Δ = 550.
» » » 1.200° » Δ = 650.
Après trempe dans l'huile à 1.200° et revenu à 580° pendant 30 minutes : Δ = 600 (adoucissement par revenu).
Après trempe à 1.275° dans l'huile : Δ = 570.
Après trempe à 1.275° dans l'huile et revenu à 580° pendant 30 minutes : Δ = 655 (durcissement maximum).

Rendement sur le tour par essai de Taylor (sur acier à R = 100 kg) :

A l'état recuit : l'outil s'émousse de suite.
Trempé dans l'huile à 900° : V = 5 mètres.
Trempé dans l'huile à 900° et revenu comme ci-dessus : V = 8 m.
Trempé à 1.200° dans l'huile : V = 14 m.
Trempé à 1.275° dans l'huile avec revenu comme ci-dessus : V = 38 m.

Si l'on examine les autres propriétés mécaniques, on trouve pour certaines une irrégularité très marquée ; nous avons publié sur ce sujet des documents très précis[1]. Mais voici trois séries de courbes (fig. 86 à 88) données par M. Grard[2] : la première a trait à un acier ordinaire donnant à l'état recuit : R = 45 kg. ; la seconde à un acier ordinaire ayant à l'état recuit : R = 62 kg., et la troisième à un acier ordinaire donnant, après recuit, R = 70 kg.

On note un maximum de la charge de rupture et de la dureté vers 100°, 250° ou 300°, à température d'autant plus haute que la teneur en carbone est plus forte, puis une décroissance rapide et régulière de R, E et Δ, quand la température du revenu varie de 250 à 750-800° ; ensuite le métal est recuit ; la diminution de R est très faible, lorsque la température varie de 800 à 1.200°.

Les allongements restent constants, tant que la température n'atteint pas 350 à 400° ; entre 400 et 700°, ils augmentent d'une façon sensiblement proportionnelle à la température, pour se maintenir ensuite à la même valeur.

La résilience ρ, elle, présente une anomalie

1. *Génie Civil*, 25 juillet 1914.
2. *Revue de Métallurgie*, 1911, Mémoires, p. 241.

tout à fait remarquable et intéressante: augmentant peu ou même maintenue constante jusqu'à 300°, elle augmente rapidement et passe par un

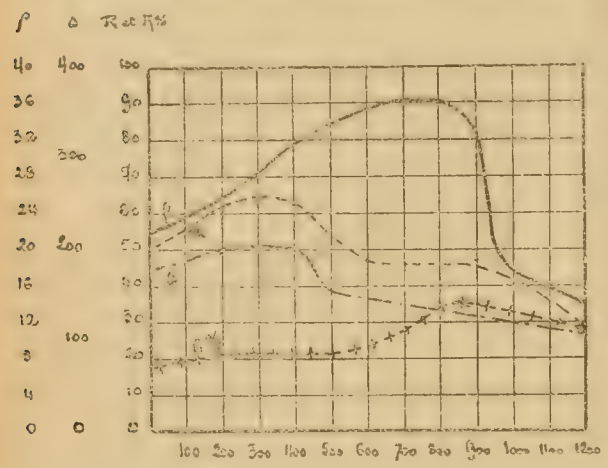


Fig. 86. — *Propriétés mécaniques d'un acier donnant à l'état recuit* R = 45 *kg., après revenu à diverses températures.*

(En abscisses, températures de revenu.

maximum vers 600-700°; la résilience atteint donc la valeur la plus élevée à une température un peu inférieure au point de transformation. Le

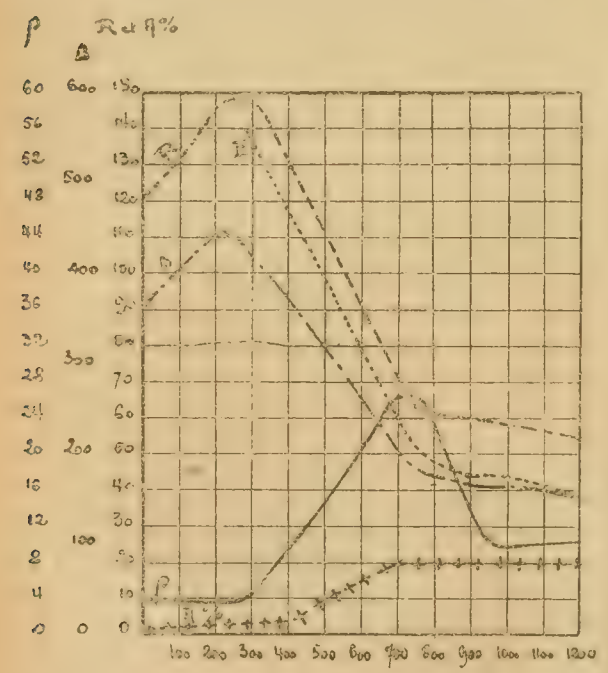


Fig. 87. — *Propriétés mécaniques d'un acier donnant à l'état recuit* R = 62 *kg., après revenu à diverses températures.*

maximum de résilience a une valeur bien supérieure non seulement à la résilience du métal trempé, — bien entendu, — mais aussi à celle du métal recuit. On peut dire que le maximum de résilience présenté par un acier est obtenu par une trempe suivie d'un revenu fait à 600 ou 700°.

Enfin, au point de vue module d'élasticité, on note, d'après M. Chévenard, des variations assez tourmentées[1].

Dans les aciers spéciaux, on observe les mêmes phénomènes, du moins si le métal a pris l'aspect martensitique par trempe. Si cette structure est due à la composition du métal (teneurs assez élevées en nickel, manganèse et chrome), le revenu sera sans action (il ne s'agit pas ici d'un recuit avec refroidissement excessivement lent, tel que celui qui a permis à M. Portevin[2]

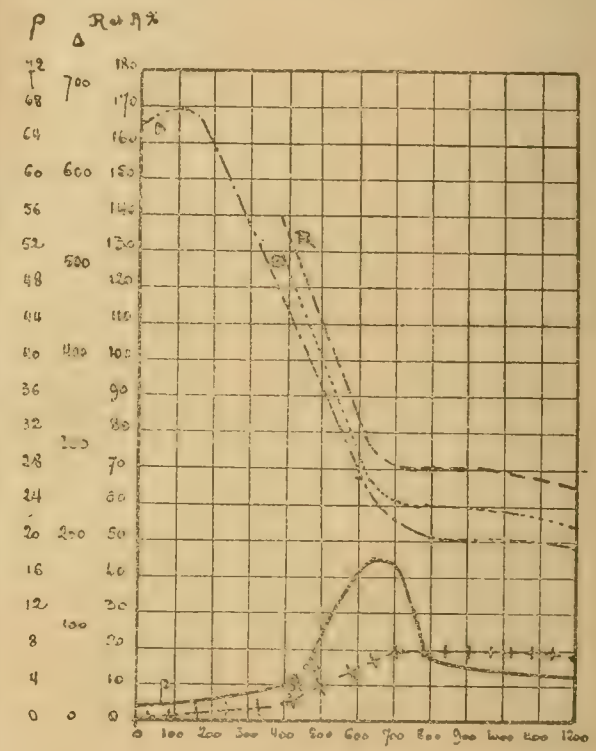


Fig. 88. — *Propriétés mécaniques d'un acier donnant à l'état recuit* R = 70 *kg., après revenu à diverses températures.*

de faire apparaître la perlite dans des aciers martensitiques au chrome à C = 0,2; Cr = 13 à 15 %). Toutefois, pour les aciers sur la limite des aciers perlitiques et martensitiques, qui prennent la trempe à l'air, après chauffage à 850°, on note bien que le revenu poussé jusqu'au voisinage du point de transformation amène un adoucissement très net du métal.

Il nous paraît intéressant de bien insister sur ce point par des exemples; pour cela, nous reproduisons les courbes très nettes données dans le dernier catalogue de MM. Schneider et Cie, qui contient sur les aciers spéciaux une documentation vraiment très remarquable ; les courbes ont trait à un acier chrome-nickel auto-trempant, dont la composition n'est pas donnée

1. *Revue de Métallurgie*, Mémoires, p. 61 ; janv.-fév. 1919.
2. *Revue de Métallurgie*, 1913, Mémoires, p. 808.

(fig. 89). On voit que simultanément R, E, Δ, passent par un minimum et A % et ρ par un maximum.

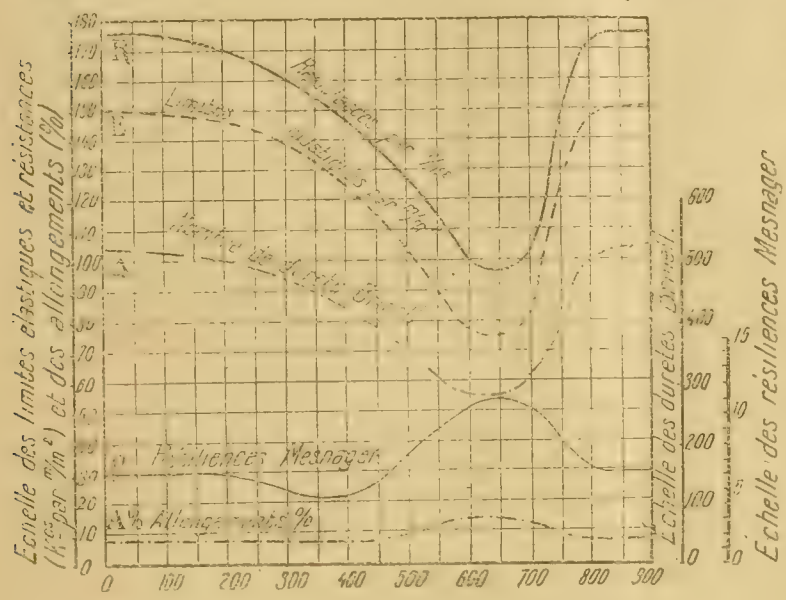


Fig. 89. — *Influence du revenu sur les propriétés d'un acier nickel-chrome auto-trempant.*

En abscisses, températures de deuxième recuit avec refroidissement à l'air, après un premier recuit à 875°.

En somme, le passage par le point de transformation amène la trempe, même lorsque la vitesse de refroidissement est lente; le revenu

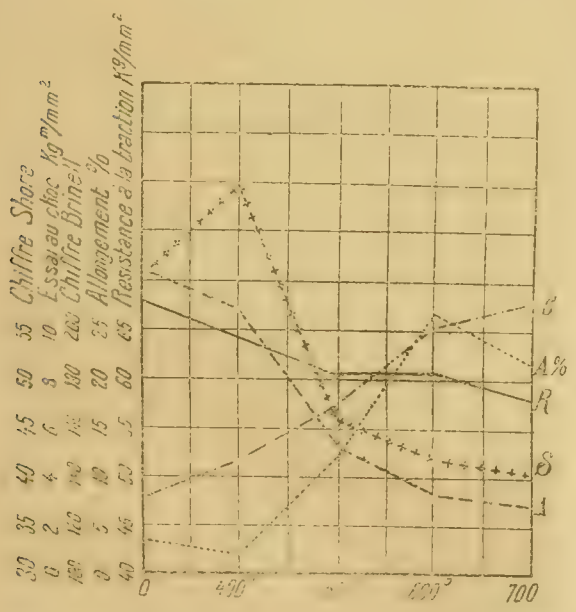


Fig. 90. — *Influence du revenu sur les propriétés d'un bronze d'aluminium trempé à 900°.*

produit, seul, le maximum d'adoucissement possible.

Dans les bronzes d'aluminium, on note, avec MM. Portevin et Arnou[1], que la résilience est beaucoup plus élevée après trempe et revenu à 700° que dans le métal recuit, et qu'il existe une diminution dans l'accroissement de sa valeur vers 600°. Les allongements à la traction présentent souvent un maximum vers 600° (fig. 90).

§ 2. — Alliages à structure polyédrique

Un métal, qui, par trempe, passe d'un état $\alpha+\beta$ à l'état γ, voit toujours augmenter sa dureté par revenu, et l'état polyédrique se transforme en état martensitique, avec toutes les variations correspondantes des propriétés.

Ce fait est remarquablement précisé dans les recherches de M. Maurer[2], qui, on le sait, a pu obtenir de l'austénite pure par trempe d'un acier légèrement chargé en manganèse. Nous en donnons la variation de dureté en fonction de la température de revenu. On note un accroissement remarquable à 400° (fig. 85), c'est-à-dire à une température notablement plus élevée que celle correspondant au maximum de dureté de l'acier en partie martensitique.

Des faits analogues ont été indiqués pour les laitons et les bronzes, bien que cependant moins nets.

C'est ainsi que M. Grenet[3] a donné les duretés suivantes :

	Cu = 85 Sn = 15	Cu = 80 Sn = 20
Brut	130	Eclaté
Trempé à 750°	110	172
— recuit à 100°	108	172
— — 200°	130	238
— — 250°	146	228
— — 400°	118	186
— — 700°	104	172

avec refroidissement lent.

Mais l'exemple le plus intéressant est donné par le duralumin. Après trempe, le métal est polyédrique. Abandonné à l'air, sa dureté croît d'une façon remarquable pendant 48 heures. La température ordinaire joue donc le même rôle que la température de 400° sur l'acier polyédrique. D'ailleurs, si, au lieu d'abandonner le métal à la température ordinaire, on le porte à des

1. *Revue de Métallurgie*, Mémoires.
2. *Loc. cit.*
3. *Revue de Métallurgie*, 1911, Mémoires, p. 109.

températures croissantes, on sait que le maximum de dureté est atteint avec une vitesse d'autant plus grande que la température est plus élevée (fig. 83, page 546), pourvu toutefois que la température reste inférieure à 300°, sans quoi on se trouve dans la période d'adoucissement.

La transformation de la structure polyédrique se fait donc ici dès la température ordinaire. Toutefois, le microscope n'a pas encore permis de déceler d'une façon précise la structure après durcissement. Il semble seulement que l'on se trouve en présence d'un constituant très fin.

Nous avons d'ailleurs montré que le métal trempé dans l'air liquide et abandonné dans ce milieu n'augmente pas de dureté.

Mais, si l'alliage est polyédrique de par sa composition chimique, il ne doit pas subir de transformation par trempe. Toutefois, nous avons montré que les aciers polyédriques au nickel ou au manganèse, qui sont dans le voisinage des aciers martensitiques, prennent cette structure sous des effets très divers : chauffage, martelage, refroidissement.

Osmond avait indiqué, bien avant nous, que le refroidissement atteint ces mêmes aciers de la même façon.

§ 3. — Alliages à structure de troostite

Ces produits s'adoucissent de suite par revenu; on ne remarque aucune augmentation de dureté.

Ils ont directement une résilience assez élevée, qui, sans doute, s'améliore au revenu — comme nous le verrons — par homogénéisation de la structure. Des courbes données à la fin de ce travail montreront nettement ce point capital : le maximum de résilience ne prend une valeur élevée que si l'on passe par une trempe martensitique.

§ 4. — Thermoélasticité des aciers trempés et trempés et revenus

Des essais d'une très grande importance sont actuellement poursuivis par M. Chévenard aux aciéries d'Imphy et nous sommes heureux de pouvoir en donner ici les premiers résultats; l'ensemble des recherches sera publié ultérieurement dans la *Revue de Métallurgie*.

1. *Dispositif expérimental.*— L'appareil (fig. 91) est un pendule de torsion, dont le fil de suspension, constitué par le fil étudié, est disposé suivant l'axe d'un four électrique à résistance. L'enroulement de chauffe est bobiné en bifilaire, afin de ne pas créer de champ magnétique [1]. Le pas des spires diminue progressivement du centre aux extrémités du four, de manière à combattre le refroidissement en ces derniers points. Grâce à cette disposition et à la présence, dans le four, d'un moufle d'argent, l'uniformité de température est réalisée, à 2 ou 3 degrés près, suivant toute la longueur du fil-échantillon. Cette température est mesurée par

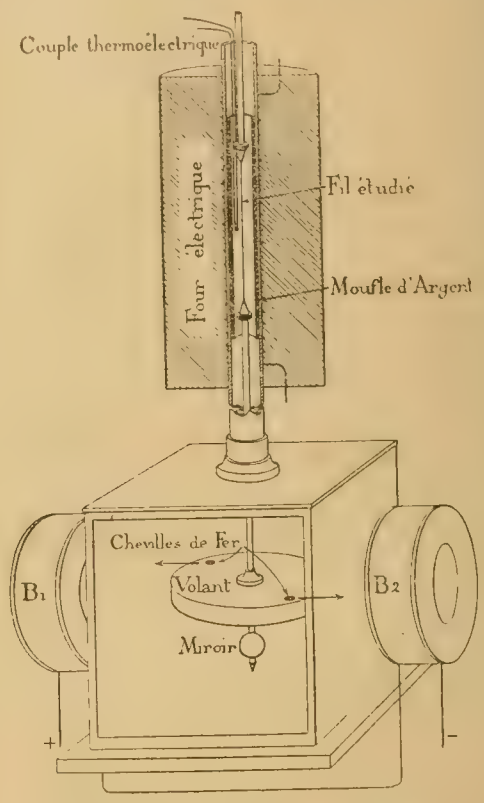


Fig. 91. — *Pendule de torsion pour l'étude de la thermoélasticité des aciers trempés et revenus.*

un couple thermoélectrique associé à un galvanomètre à miroir. Le volant du pendule de torsion oscille dans une cage vitrée qui le soustrait à toute perturbation; il porte un miroir destiné à la mesure de ses déplacements angulaires. Un dispositif électromagnétique assure le lancer du pendule sans produire de mouvement parasite : balancement, etc.

2. *Mode opératoire.* — La température choisie étant atteinte et maintenue constante depuis un certain temps (10 minutes), l'opérateur lance le pendule en visant une amplitude initiale constante : 100 mm. sur la règle placée à 1 m. du miroir. Puis, il mesure la durée d'un nombre déterminé d'oscillations (250 oscillations doubles, d'une valeur moyenne de 7 secondes), tout en observant la diminution de l'amplitude. On calcule ensuite, pour chaque essai, le rapport $\frac{\mu_\theta}{\mu_{15}} = \left(\frac{T_{15}}{T}\right)^2$ et le décrément logarithmique. A

1. Les propriétés élastiques des aciers trempés sont nettement modifiées par la présence d'un champ magnétique longitudinal.

chaque expérience, la température demeure constante pendant un temps voisin de 25 minutes, de telle sorte que la vitesse moyenne de chauffe ou de refroidissement est extrêmement lente.

Avant d'être installé dans l'appareil, le fil d'acier au carbone étudié a d'abord été trempé par refroidissement spontané dans l'hydrogène, à partir d'une température de 800°. On a décrit des cycles de température progressivement étendus (247°, 322°, 394°, etc.), tout en observant, à la chauffe et au refroidissement, la variation du module et du décrément. Comme on le constate sur les figures 92 et 93, toute courbe de chauffe coïncide sensiblement, dans la majeure partie de son parcours, avec la courbe de refroidissement qui la précède immédiatement : la courbe de retour représente donc la variation thermique du module ou du décrément du métal, à l'état « trempé et revenu à la température du sommet du cycle ».

Au delà de 400°, le décrément acquiert une valeur énorme et les essais de torsion ne permettent plus d'apprécier les changements du module élastique. Aussi, dans le cas des cycles poussés à 500°, 600°, 700°, s'est-on contenté d'observer la courbe de retour, depuis 400° jusqu'à la température ordinaire : la réversibilité mentionnée plus haut dispensait d'observer les courbes de chauffe correspondantes.

3. *Résultats.* — On peut résumer les résultats comme suit :

1° La trempe diminue le module élastique. Le revenu produit, dans la courbe de variation thermique du module (fig. 92), des singularités tout à fait comparables à celles qui se manifestent sur les courbes de dilatation de Roberts-Austen, de magnétisme, etc. Il fait apparaître progressivement, vers 210°, un léger changement de direction de la courbe du module, correspondant à *l'anomalie élastique de la cémentite.*

2° La trempe a une action extrêmement importante sur le décrément et sa variation thermique (fig. 93). Le revenu :

a) diminue le décrément jusqu'à la valeur correspondant à l'état recuit;

b) atténue, jusqu'à la rendre insensible, la singularité observée vers 200° par Ch. E. Guye et F. Robin. Certains auteurs ont rattaché cette singularité à la transformation de la cémentite : M. Chévenard insiste sur ce que l'expérience contredit formellement cette conception. En effet, non seulement la singularité est pratiquement nulle quand le métal a été recuit à 800°, c'est-à-dire quand la totalité du carbone est à l'état de cémentite, mais encore on retrouve cette singularité dans les ferronickels sans carbone ayant subi un écrouissage. Dans ce dernier cas, comme dans celui de la trempe, le revenu la fait disparaître : cette propriété constitue même un réactif extrêmement sensible de l'écrouissage ;

c) élève la température au delà de laquelle la courbe de décrément s'élève avec rapidité.

Contrairement à ce qui a été affirmé par quelques auteurs, dit M. Chévenard, toute élévation de la limite élastique par trempe ou par écrouissage correspond donc à une augmentation du

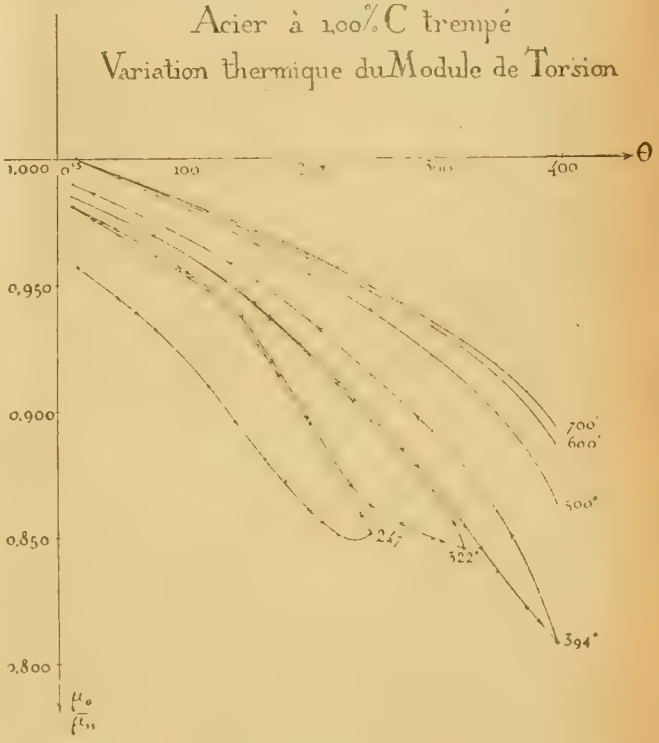


Fig. 92. — *Variation thermique du module de torsion d'un acier à 1 °/₀ de C, trempé et revenu.*

frottement interne ; elle correspond aussi à une diminution du module de torsion.

3° Le diagramme de la figure 94 représente l'influence du revenu sur les propriétés élastiques de l'acier à 1 °/₀ de carbone à 15°. On voit que dès 500° le module a repris la valeur qu'il possède dans le métal recuit.

II. — Influence du revenu sur les propriétés physiques

§ 1. — Densité et dilatation

Fromme[1] a montré que des fils d'acier trempés et revenus montrent vers 450° un minimum de volume spécifique. Voici un exemple de ses

1. *Wied. Annal.*, 1879, p. 352.

déterminations ayant trait à un fil de 0,255 cm. de diamètre, dont la composition n'est pas indiquée[1] :

		Volume spécifique
Métal naturel		1,00000
Métal trempé		1,01200
Métal revenu au jaune	(250° environ)	1,00620
Métal revenu au bleu	(300° »)	1,00205
Métal revenu au gris	(450° »)	0,99930
Métal recuit	(800° »)	1,00340

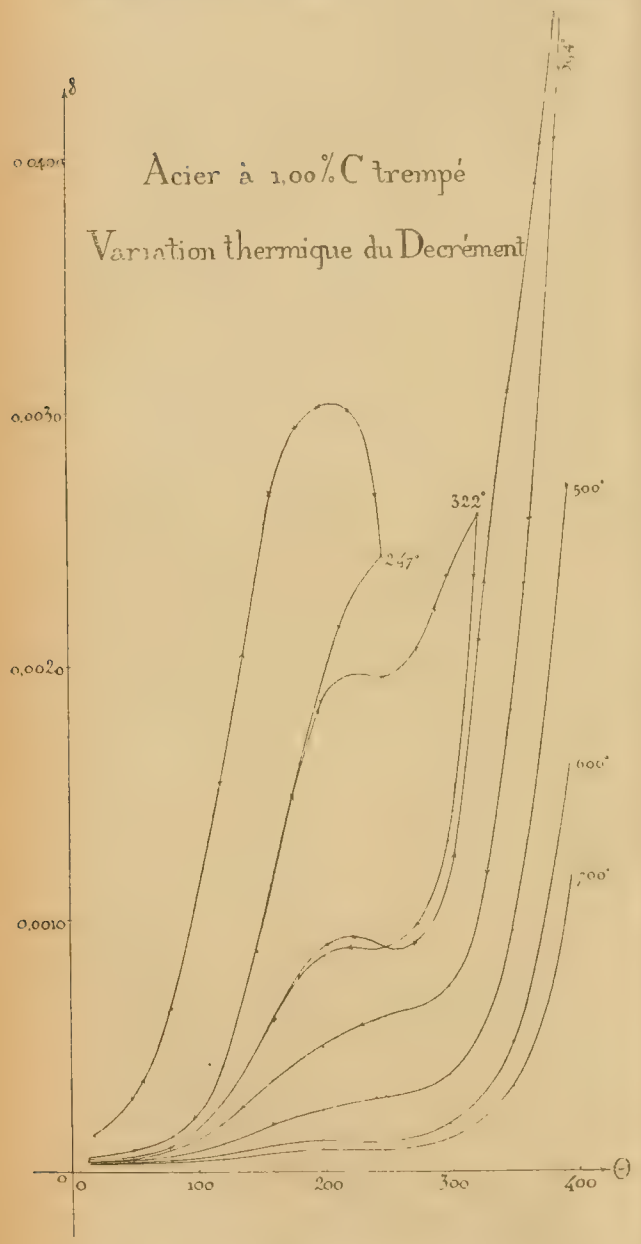


Fig. 93. — *Variation thermique du décrément d'un acier à 1 °/₀ de C, trempé et revenu.*

M. Maurer[2] a déterminé la variation de densité d'aciers trempés : les figures 95 et 96 résument les principaux résultats obtenus. Près de chaque

1. Cet exemple a été rappelé par M. Maurer dans son étude (*Revue de Métallurgie*), Mémoires, 1908, p. 716.
2. *Loc. cit.*

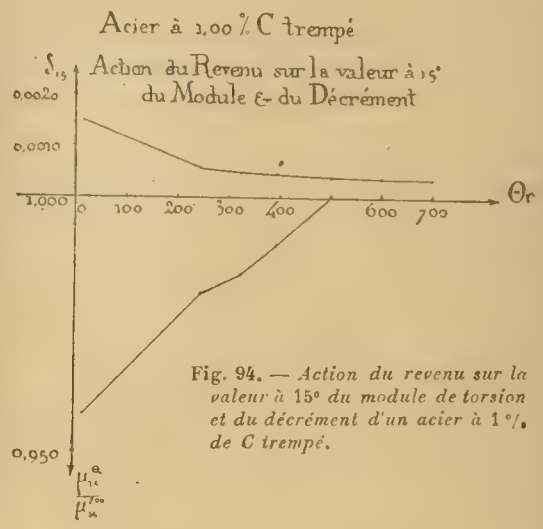


Fig. 94. — *Action du revenu sur la valeur à 15° du module de torsion et du décrément d'un acier à 1 °/₀ de C trempé.*

Fig. 95. — *Influence du revenu sur la densité d'aciers trempés.*

courbe se trouvent indiquées la teneur en carbone du métal et la température de trempe utilisée. On voit que :

l'acier à 0,4 % de carbone trempé à 1.000° donne une courbe régulière ;

l'acier à 0,83 % de carbone trempé à 800° montre à 300° un changement de direction et à 450° un maximum, comme l'a indiqué Fromme ;

le même métal trempé à 1.100° présente des changements de direction à 150° et à 300°. A 450°, il y a un maximum ;

l'acier à 1,2 % de carbone trempé à 800° donne des changements de direction très marqués à

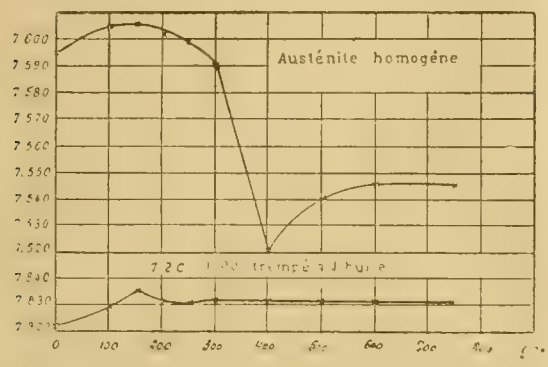


Fig. 96. — *Influence du revenu sur la densité de l'austénite homogène et d'un acier trempé à 1,2 % de C.*

150 et 300°, et un maximum à 450°. Trempé à 1.100°, le même métal présente un maximum à 150° très accusé, et un autre moins net à 400° ;

un acier à 1,60 % de carbone, trempé à 1.050°, présente un seul maximum à 150° ;

enfin un acier purement austénitique montre une courbe non moins nette : la densité croît légèrement au début, puis descend faiblement jusqu'à 300° pour s'abaisser très rapidement jusqu'à 400° ; ensuite la densité augmente nettement jusqu'à 600°.

Svedelius a signalé que la courbe de dilatation d'aciers trempés présente des contractions très nettes.

En 1903, MM. Charpy et Grenet[1] ont fait toute une série de déterminations au dilatomètre de M. Le Chatelier. Leurs principales conclusions se résument ainsi :

Les aciers renfermant moins de 0,5 % de carbone, trempés dans des conditions très variables, ne présentent aucune anomalie dans leur dilatation.

Les aciers renfermant de 0,60 % à 1 % de carbone montrent une contraction vers 300°, lorsqu'ils ont été trempés, en faibles échantillons, à 900° dans l'eau froide.

Les aciers contenant plus de 1 % de carbone, traités dans les mêmes conditions, présentent deux contractions, l'une vers 150°, l'autre vers 300°.

Si la trempe n'est pas assez vive, si les échantillons sont volumineux, si l'on trempe à l'huile ou à une température inférieure à 900°, aucune anomalie n'est plus constatée, quelle que soit la nature du métal.

M. Grenet[1] a précisé, quelques années plus tard, qu'un acier extrêmement pur à 1,29 % de carbone, trempé dans l'eau à 1.000°, après un chauffage de 5 minutes, ou à 800° après un chauffage de 15 minutes, présente une anomalie qui commence vers 110°, et que, de plus, ce même métal, trempé dans l'eau à 1.000°, présente en outre une seconde anomalie entre 340 et 400°[2].

M. Guillaume[3] a étudié de façon très méthodique et fort précise l'influence du revenu sur les barres d'acier trempé qui, par suite du brusque refroidissement, ont subi un accroissement du volume spécifique. Une barre trempée que l'on maintient à une température déterminée tend vers une longueur limite : la vitesse du phénomène, qui est très faible à froid (à 15°, 1.10⁻⁷ % par heure), croît très rapidement avec la température. Elle est 8.000 fois plus grande à 100° qu'à 14°.

De toutes ces recherches sur la variation par revenu de la densité et de la dilatation des aciers trempés, on doit retenir l'existence de deux anomalies : l'une à 150°, l'autre vers 300 à 400°. Toutefois, il est à noter que ces deux anomalies ne se présentent pas toujours et que leur existence ne paraît pas en concordance absolue avec d'autres faits expérimentaux. *A priori*, il apparaît que l'anomalie se produisant vers 150° correspond à la transformation de l'austénite en martensite, et celle se produisant vers 400° à la transformation de la martensite en un constituant homogène qu'avec Osmond nous appellerons plus loin la sorbite. Toutefois, le point à 150° n'apparaît pas toujours dans les circonstances de trempe produisant de l'austénite et enfin, dans l'acier austénitique de M. Maurer, qui, il est vrai, renferme plus de 2 % de manganèse, la transformation de l'austénite n'a lieu qu'à 400°. Il est regrettable que tous les auteurs n'aient pas accompagné leurs déterminations physiques de micrographies. Il y a là quelques points à préciser.

1. *Bull. de la Soc. d'Encourag. pour l'Ind. nat.*, 1903, p. 464 et 883.

1. *Revue de Métallurgie*, 1904, Mémoires, p. 353.
2. Note rectificative. *Revue de Métallurgie*, 1908, Mémoires, p. 880.
3. Commun. à la Soc. française de Physique, mai 1916.

§ 2. — Résistance électrique

Barus et Stroutal [1] ont montré que les aciers trempés voient diminuer leur résistance électrique à mesure que la température de revenu augmente; à 300°, il n'y a plus de changement sensible dans la résistance électrique. C'est bien ce qu'ont confirmé les essais de M. Maurer [2], qui

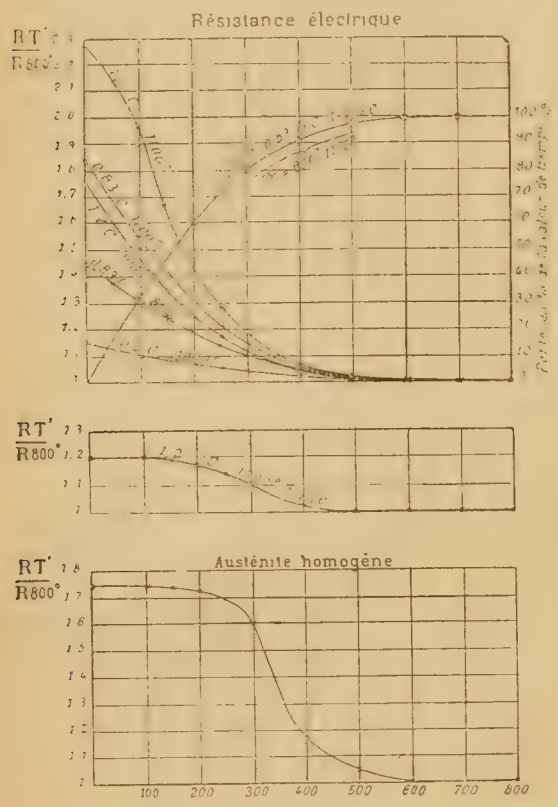


Fig. 97. — *Influence du revenu à diverses températures sur la résistance électrique de quelques aciers trempés.*

se trouvent résumés dans les courbes de la figure 97. Ces courbes donnent : d'une part, le rapport R_T/R_{800} de la résistance de l'acier trempé (la température de trempe du métal est indiquée sur la courbe) à la résistance du métal recuit à 800°, et d'autre part la perte en % de la valeur de trempe. On remarque que, pour les aciers, et quelles que soient les températures de trempe, la courbe est la même; on note qu'à 400°, la perte est de 90 %. Pour l'austénite pure, la chute brusque se fait entre 300 et 400°. Enfin M. Maurer a montré que la résistance électrique d'un acier à 1,2 % de carbone trempé à l'huile varie bien peu. On peut donc dire qu'un acier à troostite ne présente pas d'anomalie de résistivité dans le revenu, tandis qu'un acier martensitique en présente une très accusée entre 300 et 400°, marquant la transformation du carbone dissous en carbone de carbure.

Car l'on sait bien, d'après ce qui a été dit pour la trempe, que c'est là le phénomène caractérisé par la variation de résistance électrique. La transformation de l'austénite en martensite ne peut être accusée dans cette mesure, les deux constituants contenant le carbone sous le même état.

On constate donc l'existence de deux anomalies à 150° et à 400° dans les courbes de chauffage

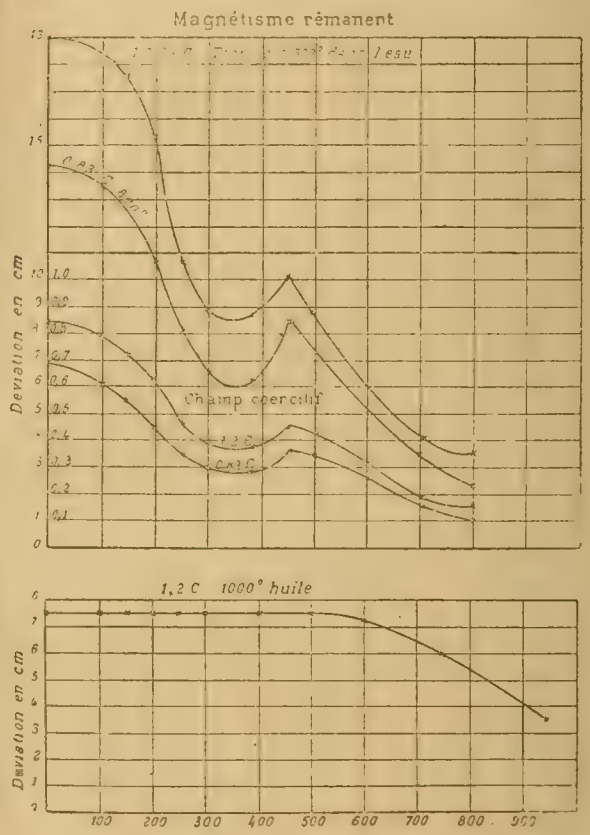


Fig. 98. — *Influence du revenu à diverses températures sur le magnétisme rémanent de quelques aciers trempés.*

d'aciers trempés; mais, ici encore, on ne voit pas nettement la correspondance avec les transformations, certains aciers austénitiques n'offrant qu'une anomalie à 400°. Sans doute est-on conduit à supposer que la transformation austénite-martensite commence vers 100° et se poursuit jusqu'à 400°, température à laquelle commence la transformation de la martensite.

§ 3. — Magnétisme

M. Maurer [1] a tracé des courbes fort intéressantes du magnétisme (fig. 98) avec les différents aciers qu'il a étudiés. Généralement les courbes tombent assez brusquement de 150 à 300°, montent

1. *Geol. Survey*, n° 14.
2. *Revue de Métallurgie*, Mémoires, 1908, p. 711.

1. *Loc. cit.*

ensuite pour passer par un maximum à 450°, et enfin tombent progressivement. Toutefois, quand le métal est trempé à 1.100°, il montre parfois (acier à 1,2 % C) un premier maximum à 200°.

Pour l'austénite pure, la courbe présente seulement un maximum vers 450°, après avoir montré une constance remarquable jusqu'à 200°.

Les phénomènes qui se produisent sont donc très complexes; il faut bien noter que l'anomalie de la cémentite (210°), inconnue au moment du travail de M. Maurer, peut jouer un rôle vers 210°.

§ 4. — Transformations thermiques

Dès 1890, Osmond [1] a indiqué que les courbes de chauffage d'acier revenu montrent un dégagement de chaleur entre 300 et 400°. Des expériences très systématiques ont été faites par M. Maurer [2], qui aboutirent aux conclusions suivantes :

1° Les aciers à structure martensitique donnent un dégagement de chaleur qui est maximum à 300°; avec une vitesse de chauffage assez élevée, ce maximum peut passer à 340 ou 360°;

2° Les aciers à structure polyédrique accusent un dégagement de chaleur vers 400°; ce dégagement est plus important que dans l'acier martensitique. Si l'acier austénitique est revenu à 400°, et par là même s'il est transformé, il n'y a plus de transformation à l'échauffement.

3° Un acier austénitique plongé dans l'air liquide, et transformé de ce fait en acier martensitique, présente un dégagement de chaleur bien inférieur à celui donné par ce même acier, sans immersion préalable dans l'air liquide.

M. de Nolly a montré que le dégagement de chaleur croît d'intensité [3] lorsque la proportion d'austénite augmente.

MM. Bruk et Hadfield [4] ont signalé, il y a peu de temps, un dégagement de chaleur, d'ailleurs très faible, dans le voisinage de la température ordinaire. Ce n'est que le début de la transformation indiquée par Osmond.

Mais l'étude thermique des aciers revenus a apporté dans les mains de M. Chévenard [5] un fait extrêmement précis sur la transformation du carbone de la martensite en carbone de carbure. On sait que la cémentite présente une anomalie à 210°. M. Chévenard a pris un acier à 0,83 % de carbone; il l'a trempé à l'eau à 800° et l'a ainsi obtenu à l'état entièrement martensitique; puis cet acier trempé a été soumis à des cycles de température progressivement étendus, tout en faisant les mesures de la dilatation rapportée au fer. On a ainsi des courbes semblables à celles de la figure 99.

Au refroidissement, on note la transformation réversible de la cémentite; l'amplitude de

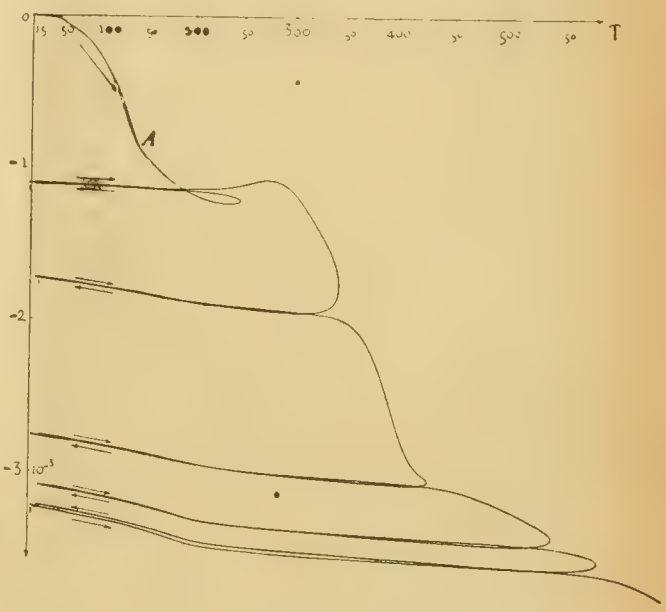


Fig. 99. — *Dilatation rapportée au fer d'un acier trempé à 0,83 % de C soumis à des cycles de température progressifs.*

cette transformation est proportionnelle à la quantité de cémentite libérée pendant le chauffage.

On peut donc avoir, par comparaison de la dilatation du fer et de l'acier, l'intensité de l'anomalie de la cémentite en fonction de la température de revenu. Cette courbe, reproduite dans la

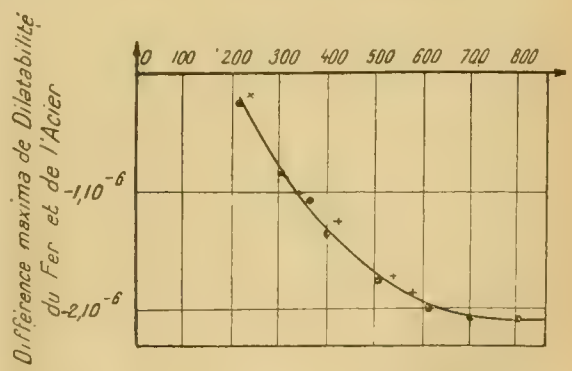


Fig. 100. — *Variation de l'intensité de l'anomalie de la cémentite en fonction de la température de revenu, dans un acier à 0,82 % de C, trempé à l'eau à 775°.*

figure 100, contient des points marqués • correspondant à une vitesse de chauffe de 250° par heure environ, et des points marqués × correspondant à une vitesse de chauffe de 100° par heure environ.

1. *Journal of the Iron and Steel Institute*, 1890.
2. *Loc. cit.*
3. *Bull. de l'Industrie Minérale*, 1913, vol. II, p. 371.
4. *Proc. of the Roy. Society*, 1917.
5. *Revue de Métallurgie*, 1919, Mémoires, p. 61.

Cette courbe montre que la transformation du carbone de la martensite en carbure de fer est continue, contrairement aux expériences que nous allons décrire de M. Heyn.

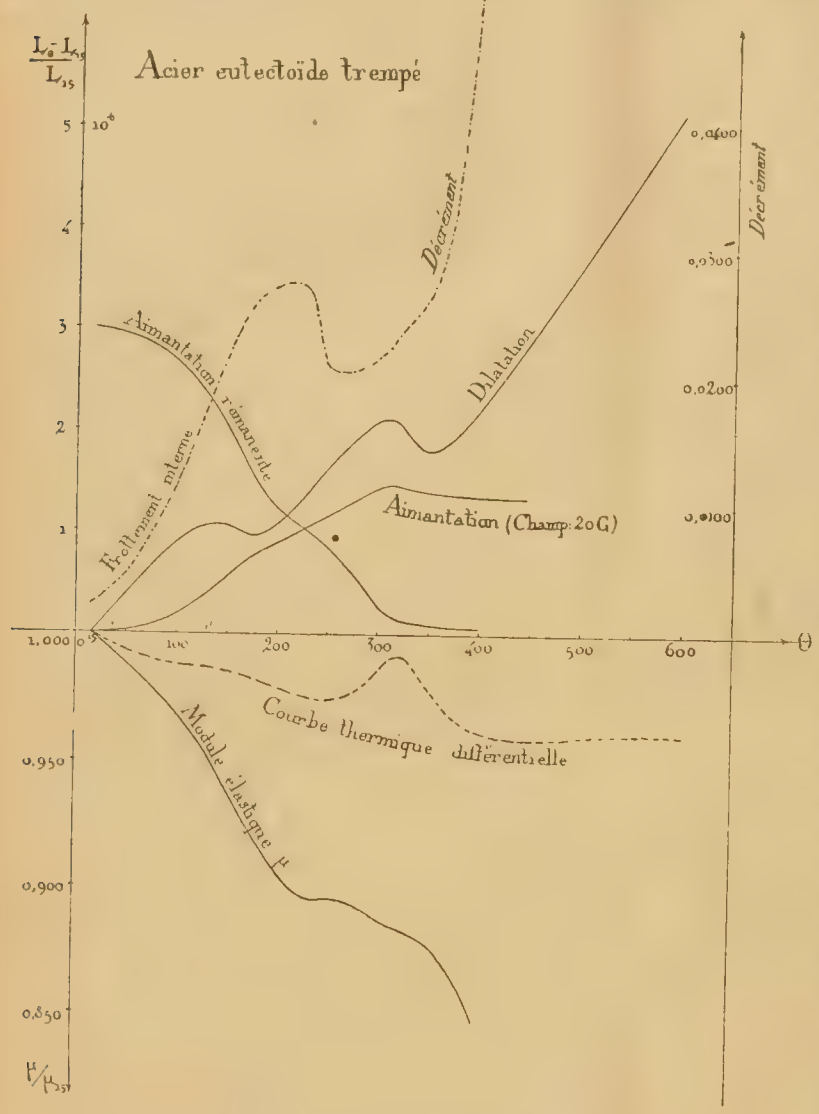


Fig. 101. — *Influence du revenu sur l'ensemble des propriétés d'un acier eutectoïde trempé.*

En terminant ce qui a trait à la variation des propriétés physiques, voici un ensemble de courbes déterminées par M. Chévenard et montrant l'influence du revenu sur l'ensemble des propriétés d'un acier eutectoïde trempé.

On y voit (fig. 101) des anomalies qui ne sont pas toutes très concordantes, mais qui, cependant, sont situées d'une part vers 100-150° et d'autre part vers 300 à 350°.

III. — Influence du revenu sur les propriétés chimiques

Ledebur montra que, si l'on prend un acier trempé et qu'on le fait revenir à 400°, le « carbone de trempe », c'est-à-dire le carbone en solution, est entièrement transformé en carbure.

Une étude très importante sur les propriétés des aciers trempés et revenus a été faite par M. Heyn[1] ; elle aboutit à cette conclusion très controversée que le changement du carbone de trempe (carbone en solution) en carbone de recuit (cémentite Fe^3C) se fait entre 400 et 600°.

Jusque-là, on admettait, a fait remarquer Osmond[2], que « la martensite contient la plus grande partie du carbone à l'état de carbone de trempe, la perlite à l'état de carbone de cémentation, et que le passage de l'un à l'autre se fait progressivement, la proportion de carbone de cémentation augmentant à mesure que la température de revenu s'élève. Les résultats de M. Heyn tendent à modifier grandement ces idées ».

La méthode utilisée a consisté dans des attaques par l'acide sulfurique à 10 %, les résidus étant filtrés dans une atmosphère de gaz d'éclairage. Le carbone se dégageant à l'état de carbure est considéré comme carbone de trempe ; le carbone de cémentation est déduit de la teneur en fer du résidu, la cémentite ayant pour formule Fe^3C.

Mais ici se place une première remarque : la somme du carbone de trempe et du carbone de carbure ainsi déterminée n'est pas égale au carbone total contenu dans l'acier. Il y aurait donc dans l'acier revenu un nouvel état du carbone, dont la proportion croît lorsque la température de revenu augmente de 100 à 400° et décroît ensuite jusqu'à 600°.

Le diagramme de la figure 102 résume les résultats obtenus : La ligne ABE donne la variation de la teneur en carbone spécial ; la ligne ABCD donne : 1° les teneurs en carbone de trempe par la distance de la ligne AB à l'horizontale CD prolongée qui représente le carbone total ; 2° les teneurs en carbone de carbure par les distances entre BCD et BE. — On voit donc que,

1. *Mitt. aus. dem Kön. Materialprüfungsamt*, 1906, p. 29-59.
2. *Revue de Métallurgie*, 1906, Mémoires, p. 624.

d'après ces recherches, et suivant la courbe, la transformation du carbone de trempe en carbone de carbure commencerait à 400° et finirait à 600°.

Ces essais n'ont eu lieu que sur un seul acier très voisin de l'eutectique : C = 0,95 ; Mn = 0,17 ; Si = 0,35.

A la suite de ce mémoire, Osmond[1] déclara qu'il ne lui paraissait pas nécessaire d'admettre l'existence d'un nouvel état du carbone, mais

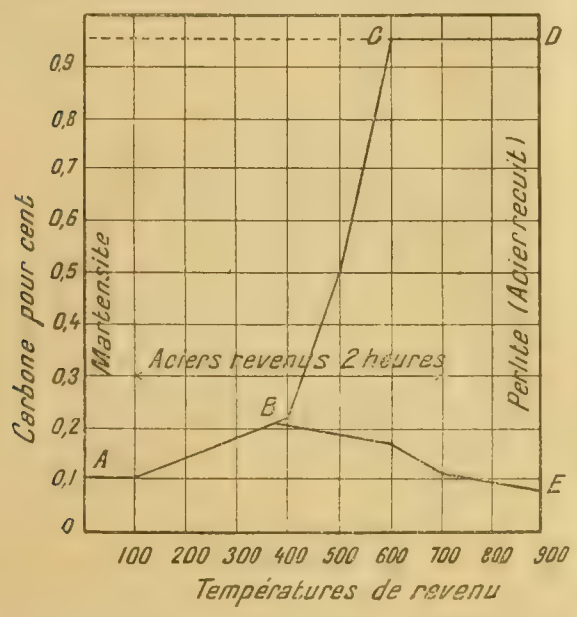


Fig. 102. — *Proportions des diverses espèces de carbone dans un acier voisin de l'eutectique, suivant la température de revenu.*

seulement que ce carbone particulier correspond à une cémentite très divisée. « A partir de 400°, la cémentite très divisée commencerait à se rassembler et deviendrait par conséquent moins attaquable. »

De ces essais, M. Heyn a conclu à l'existence d'une phase spéciale se produisant à 400° et qu'il a appelé l'*osmondite*. Cette phase posséderait les caractéristiques suivantes :

a) dureté intermédiaire entre celle de la martensite et de la perlite, plus rapprochée de la seconde ;

b) coloration relativement homogène et d'intensité maximum après attaque par les acides en solution alcoolique ;

c) solubilité maximum dans l'acide sulfurique aqueux à 1 %;

d) teneur maximum en carbone spécial, et absence de cémentite insoluble dans l'acide sulfurique à 10 % à l'abri de l'air;

e) résistance électrique et pouvoir thermoélectrique très voisins de ceux de la perlite ;

f) maximum de magnétisme spécifique sur barreaux longs.

Le passage de la martensite à la perlite se ferait toujours par cette phase intermédiaire. Nous reviendrons plus loin sur ce dernier point. Notons pour le moment qu'elle a toutes les caractéristiques de ce que nous appellerons la sorbite.

M. Maurer a suivi les variations de l'état du carbone d'un acier trempé en fonction de la température de revenu, au moyen de la méthode d'Eggertz (coloration à l'acide azotique). Voici les teneurs trouvées en carbure, l'acier renfermant 1,00 % de carbone :

A l'état trempé	0 %	Revenu à 400°	79
Revenu à 100°	15 %	» » 500°	92
» » 200°	39 %	» » 600°	97
» » 300°	57 %	» » 700°	100
		» » 800°	100

On voit qu'il y a là une contradiction extrêmement nette entre les résultats des différents auteurs :

A 400° Ledebur trouve.....	100 %	de cémentite
MM. Heyn et Bauer trouvent...	20 %	»
M. Maurer trouve.....	80 %	»

Mais, en opérant le revenu d'un acier à austénite homogène, M. Maurer trouve le même pourcentage à 400 et à 750°, comme Ledebur dans ses recherches. Il est bon de noter que l'acier de M. Maurer contenait 2 % de manganèse.

Or, voici un point très important des recherches de M. Maurer : Lorsqu'on refroidit certains aciers austénitiques, ils deviennent martensitiques (ce fait a été démontré pour la première fois par Osmond). A cette transformation, d'après les mesures de M. Maurer, correspond une très grande augmentation de dureté, de grandes variations dans la densité et le magnétisme, tandis qu'on n'observe aucun changement dans l'état du carbone et dans la résistance électrique.

La variation de la résistance électrique se rattache donc à la variation de l'état du carbone, comme il a déjà été dit.

Quoi qu'il en soit, il apparaît bien que les recherches de M. Maurer et de M. Chévenard donnent une preuve irréfutable de la progressivité du changement du carbone de la martensite en carbure Fe^3C.

IV. — Influence du revenu sur la structure

§ 1. — Alliages à structure martensitique

Le microscope permet d'observer la transformation de la martensite en un constituant se colorant en noir par les acides d'une façon sensiblement uniforme. Cette transformation commence dès les basses températures (300° et même

1. *Loc. cit.*

moins) et est progressive. Certains auteurs pensent que la transformation se fait par passage de la martensite à la troostite, puis à la sorbite, la démarcation entre ces deux constituants étant donnée par l'osmondite de M. Heyn. Mais y a-t-il réellement deux constituants bien distincts, la troostite et la sorbite? Le seul fait que l'on puisse réellement affirmer est le suivant : un acier ordinaire trempé convenablement donne de la martensite ; revenu, cet acier martensitique se transforme en donnant un constituant qui

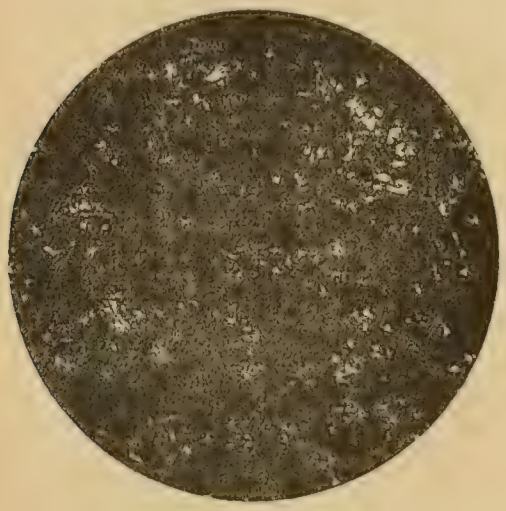


Fig. 103. — *Sorbite presque pure* (× 200).

se colore aisément sous l'influence des acides, et dans lequel on ne peut distinguer, même à très fort grossissement, plusieurs constituants (fig. 103).

Aussi le Congrès des Méthodes d'Essais de Copenhague (1906) n'a-t-il défini qu'un seul constituant, l'osmondite, en disant :

« L'osmondite, dont l'hétérogénéité est encore discutée, est un état intermédiaire dans le retour de la martensite vers l'état perlitique plus stable à la température ordinaire. Elle est considérée comme un constituant proprement dit, en raison de l'existence d'une discontinuité dans la variation de certaines propriétés du métal pendant sa transformation entre les deux états extrêmes. Elle est caractérisée par un maximum de solubilité dans les acides et un maximum de coloration par les réactifs métallographiques acides. On l'obtient notamment très nette par le revenu à 400 de la mart ensite de l'acier eutectoïde, c'est-à-dire de l'acier à 0,9 % de carbone. »

Il semble bien que la plupart des métallographes qui ont pris part à la discussion du Congrès n'aient pas voulu ou pu faire la distinction entre ces trois constituants : la troostite, l'osmondite et la sorbite.

Ces trois constituants se colorent aisément aux réactifs acides. Ils ne peuvent être résolus en plusieurs constituants sous les plus forts grossissements ; on a bien dit que la troostite se présente généralement sous forme de rognons noirs, à contours nets, qu'elle est le plus souvent associée sous cette forme à la martensite, et qu'elle constitue la caractéristique des trempes douces, tandis que la sorbite est généralement associée à

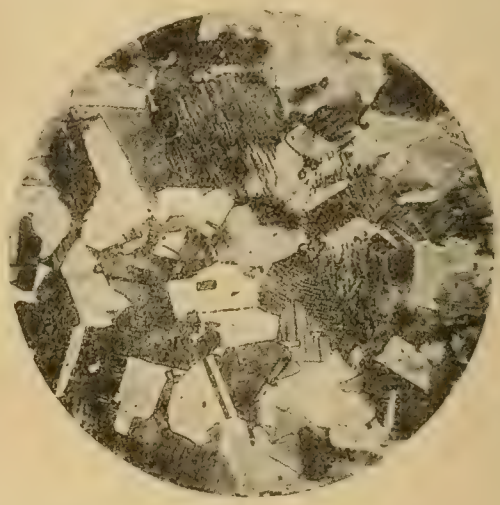


Fig. 104. — *Austénite pure avec macles* (× 100).

la perlite, que les plages de sorbite sont à contours très incertains, et que ce constituant est caractéristique du revenu ou des trempes négatives d'Osmond [1].

La troostite se forme à température descendante ; la sorbite se forme à température ascendante.

Tout cela est exact, mais insuffisant pour affirmer l'existence de deux constituants, alors que le passage d'une constitution à l'autre est très progressif, tout comme la variation de la plupart des propriétés.

Il est à noter cependant que la résilience atteint un maximum très net pour la structure sorbitique, qui paraît présenter l'état le plus uniforme de distribution du carbone dans la masse métallique.

§ 2. — Alliages à structure polyédrique

Il y a certaines confusions dans la transformation de l'austénite par revenu ; il semble cependant que l'on peut apporter un peu de clarté dans

1. Osmond a appelé trempe négative l'opération de brusque immersion d'un métal revenu après trempe.

les résultats obtenus en rendant plus uniforme le langage tenu par chacun.

Le fait qui se dégage de tout ce qui a été écrit sur ce sujet — malgré de nombreuses contradictions — est que l'austénite se transforme en martensite, qui suit alors le cours de ses transformations.

Fig. 105. — *Transformation du fer γ par écrouissage* (acier C = 0,8, Ni = 15) (× 300).

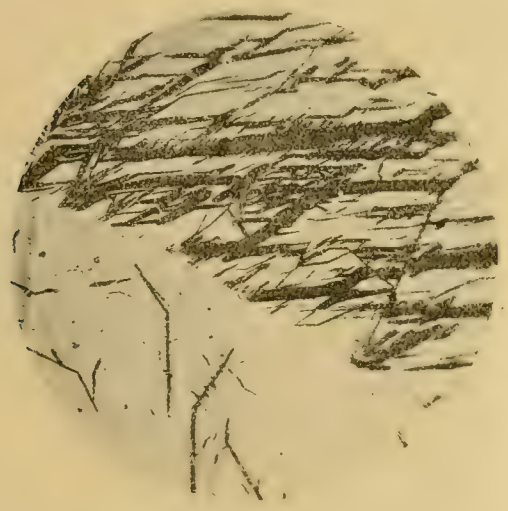


Fig. 106. — *Transformation du fer γ par écrouissage. Apparition dans un grain de fers de lance* (acier C = 0,80, Ni = 15) (× 300).

Comment se fait cette transformation? Il y a formation de macles (fig. 104) et de fers de lance (fig. 106). Ceci découle des travaux d'Osmond, de Kourbatoff[1] et de Maurer[2]. Ceci correspond bien, d'ailleurs, à ce qui se passe dans certains aciers au nickel austénitiques voisins des aciers martensitiques, lorsqu'on les recuit, les martèle, les refroidit, etc.[1] A la formation des slip-bands correspond l'apparition du magnétisme (fig. 105 à 107). On sait, de plus, que la transformation austénite martensite se fait avec augmentation de volume : sans attaque, la martensite apparaît en bas-relief (fig. 108).

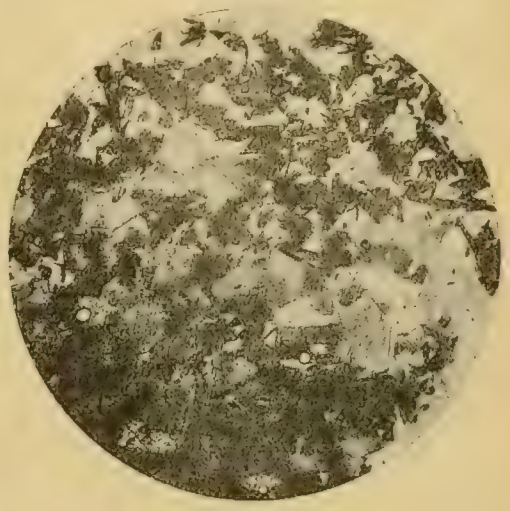


Fig. 107. — *Transformation du fer γ en martensite* (acier C = 0,80, Ni = 20, refroidi à — 20°) (× 300).

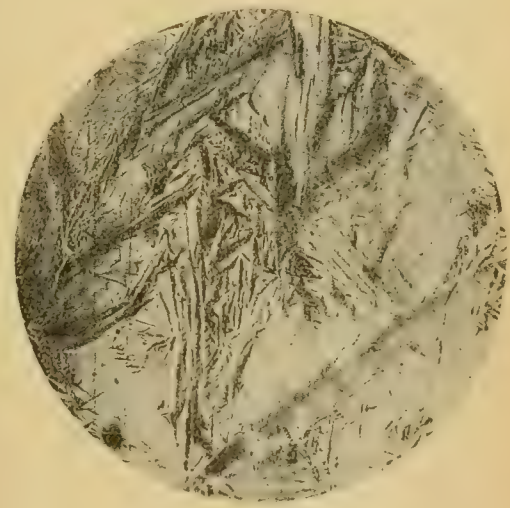


Fig. 108. — *Martensite en bas-relief* (acier C = 0,80, Ni = 15, refroidi dans l'air liquide, sans attaque) (× 300).

Sans doute Maurer et Kourbatoff ont-ils affirmé tous deux que la transformation de l'austénite se faisait directement en troostite, constituant facile à colorer; mais ils ont, l'un et l'autre, constaté la formation de macles et de fers de lance qui, nous n'en doutons pas,

1. *Revue de Métallurgie*, 1908, Mémoires, p. 704.
2. *Loc. cit.*

1. Guillet : Les aciers spéciaux. Tome I. Dunod et Pinat, éditeurs.

constituent la phase martensitique. A quelle température cela a-t-il lieu ?

Kourbatoff le précise fort bien : au-dessous de 100°, aucune transformation ne se fait sentir. A 108°, quelques altérations sont visibles après

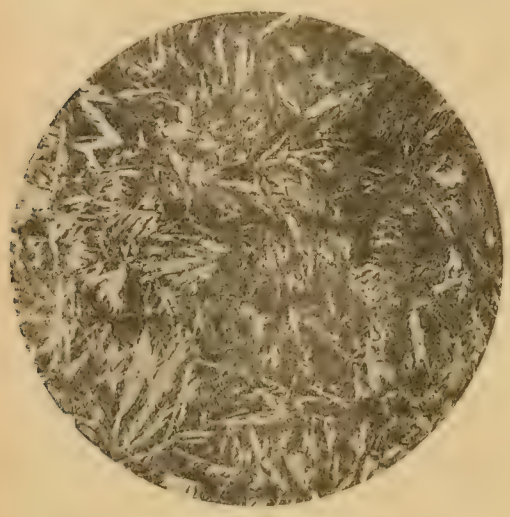


Fig. 109. — *Transformation d'austénite en martensite blanche et noire* (acier C = 0,80, Ni = 15, refroidi à — 40°) (× 300).

quelques jours. A 156°, il faut des semaines pour avoir une transformation complète; à 248°, quelques minutes suffisent.

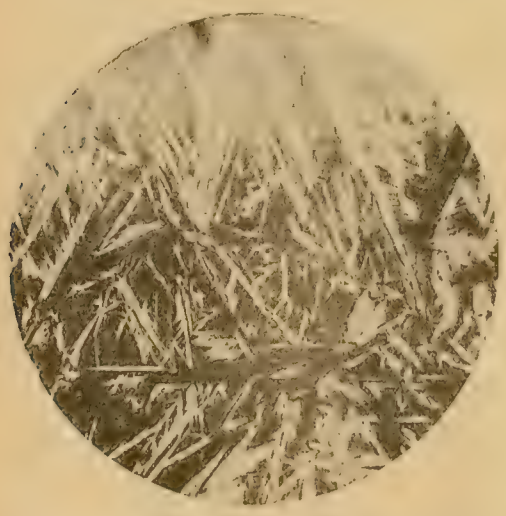


Fig. 110. — *Aiguilles noires et blanches de martensite* (acier C = 0,80, Ni = 15, refroidi à — 20°) (× 300).

Dans les mélanges martensite-austénite, on trouve très souvent des aiguilles de martensite qui se colorent en noir (fig. 109 et 110), alors que normalement ces aiguilles sont blanches. M. Kourbatoff a même donné le nom de troosto-sorbite à ces fers de lance de martensite qui se colorent aisément. M. Maurer croit que la martensite se présente toujours en aiguilles blanches, mais que, si l'on ne prend pas toutes précautions dans le polissage pour éviter une élévation de température même faible, un revenu local s'opère, d'où la coloration. Nous croyons ce fait exact.

En résumé, si l'on prend un acier ayant subi l'influence maximum de la trempe, c'est-à-dire un acier austénitique, le revenu produit, au point de vue structural, les transformations suivantes :

Austénite —> Martensite —> Troostite —>
Osmondite —> Sorbite —> Perlite

avec ces trois restrictions :

a) Que, d'après Maurer, l'austénite peut se transformer directement en troostite, ce qui nous paraît erroné ;

b) Que l'austénite peut se transformer en martensite, après que celle-ci est déjà transformée en osmondite ;

c) Qu'il nous paraît impossible de distinguer nettement les trois phases troostite, osmondite et sorbite, qui semblent bien constituer le passage progressif de l'état martensitique à l'état perlitique, le carbure de fer s'y trouvant toujours à l'état très divisé.

En réalité, les transformations se résumeraient en :

Austénite —> Martensite —>
Osmondite
Troostite-Sorbite —> Perlite[1].

Nous avons signalé que, dans la trempe des bronzes d'aluminium correspondant à l'eutectoïde, un phénomène analogue se produit : il y a formation d'un constituant facile à colorer analogue à la sorbite.

Mais il y a encore un autre fait important : la martensite présente, on le sait, une forme aciculaire très nette, ayant comme direction les plans de clivage de l'austénite.

Par revenu, cette martensite se transforme en donnant la phase se colorant aisément et uniformément; puis se forment les constituants caractéristiques de l'état recuit; mais, si l'on prend un acier hypoeutectoïde, la ferrite qui prend naissance donne la structure de Widmanstätten; elle se dépose en lames dirigées suivant les quatre faces d'un octaèdre. La température augmentant, les phénomènes de diffusion et de coalescence se font sentir et la ferrite reprend son aspect ordinaire.

1. Ce serait, pensons-nous, rendre un juste hommage à l'œuvre magnifique d'Osmond que d'attribuer le nom d'osmondite — non pas à la phase douteuse définie par Heyn — mais aux constituants troostite-sorbite qui doivent être confondus en un seul. Mais ce serait, il est vrai, aller à l'encontre des désirs exprimés par Osmond lui-même.

M. Portevin a étudié récemment ce phénomène[1]; il a montré cette constitution particulière qu'il a justement appelée microstructure de Widmanstätten, par opposition à cet aspect ordinairement obtenu par macrostructure.

Fig. 111. — *Laiton* (Cu = 58, Zn = 42) *trempé à* 825°, *revenu à* 700° (× 50) (Portevin).

Il est bon d'insister sur ce fait que cette structure ne peut être notée que dans un acier voisin de l'eutectique. En effet, les deux phases carbure

Fig. 112. — *Laiton* (Cu = 58, Zn = 42), *trempé à* 825°, *revenu à* 400° (× 500) (Portevin).

de fer et fer α prennent naissance simultanément, il y a destruction de tout l'édifice cristallin, tandis que la structure aciculaire provient de la formation d'une phase qui subit l'influence du milieu orienté.

1. *Revue de Métallurgie*, 1919, Mémoires, p. 141.

M. Portevin a montré que ce phénomène est tout à fait général; il l'a trouvé dans les bronzes d'aluminium : Cu = 90, Al = 10, dans le bronze ordinaire : Cu = 84, Sn = 16, dans le laiton : Cu = 58, Zn = 42, ainsi que le montrent les

Fig. 113. — *Bronze d'aluminium* (Cu = 90, Al = 10), *trempé à l'eau à* 850°, *revenu à* 600° (× 110).

micrographies que nous reproduisons (fig. 111 à 114). Les unes ont trait aux laitons et sont dues à M. Portevin; les autres sont relatives au bronze

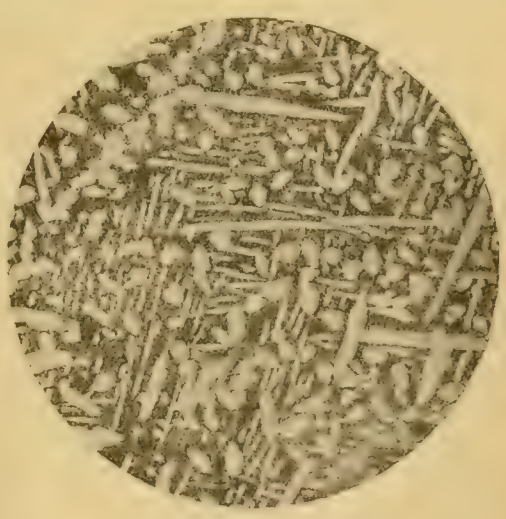


Fig. 114. — *Bronze d'aluminium* (Cu = 90, Al = 10), *trempé à* 800° (× 110).

d'aluminium et ont été faites par M. Galibourg. Tout ceci pourrait expliquer ce fait bien connu : à savoir que la structure martensitique est difficile à bien saisir dans un acier eutectoïde, et, au contraire, facile à voir au microscope dans les aciers hypoeutectoïdes.

V. — Influence du temps de chauffage sur le revenu

On devait chercher à préciser l'influence du temps de chauffage sur l'état de revenu d'un métal trempé : Peut-on dire que, pour chaque température, il y a un état maximum de revenu, caractéristique de la température ? Ou, au contraire, en prolongeant le temps de revenu, peut-on obtenir un effet de plus en plus accusé, si basse soit la température ?

Nous avons montré[1], en collaboration avec M. Portevin, que l'on peut dans une certaine limite obtenir un même effet de revenu avec des températures différentes, le temps de revenu étant d'autant plus prolongé que la température est plus basse.

Un acier renfermant 0,85 % de carbone (acier eutectoïde) nous a donné les mêmes résultats, caractérisés par la dureté et la résistance électrique (diamètre de l'empreinte = 2,65 à 2,75 ; bille de 10 mm., charge de 3.000 kg.; résistance électrique : chute de potentiel sous un même courant de trois ampères, déviation en mm. du galvanomètre = 49 à 50 sur barreaux ronds de 8 mm. de diamètre et 100 mm. de longueur utile), cela avec les trois traitements suivants :

Trempe à 850°, revenu à 250° (± 3°) durant 4 heures;
Même trempe, revenu à 300° (+ 2°) durant 1/2 heure;
Même trempe, revenu à 349° (± 0,5°) durant 10 minutes.

Il est à noter que, dans les trois cas, les échantillons possédaient la même couleur bleue.

Mais ces résultats ne seraient point en contradiction avec cet autre fait, qui n'est pas encore nettement démontré, à savoir que : à toute température déterminée, inférieure au point de transformation (le plus bas, s'il y en a plusieurs), correspond un état de revenu déterminé, que l'on ne peut pas dépasser quel que soit le temps de chauffage.

M. Grenet a bien indiqué[2] qu'un revenu de 15 minutes à 300° produit pratiquement le maximum d'effet, tandis qu'à 500°, 600° et 675° l'action n'est pas terminée après 16 heures, bien que devenant très lente après 4 heures ; mais le phénomène n'a été étudié que par l'essai de dureté à la bille; d'autre part, les essais de M. Guillaume sur la variation de volume indiquent bien que l'on tend vers une limite déterminée.

VI. — Influence du revenu sur les tensions internes

Nous avons indiqué précédemment les difficultés rencontrées dans les mesures exactes des tensions créées par la trempe. Ces difficultés sont moindres dans un acier revenu, surtout si la dureté a sensiblement diminué et si l'on peut assez aisément travailler le métal.

Dans l'étude qu'il a faite, M. Portevin a montré que ces tensions internes s'atténuent quand la température de revenu croît, mais que l'arrêt du revenu à l'eau est une cause créatrice de nouvelles tensions. Dans des expériences non encore publiées, le même auteur a montré que les tensions devenaient sensiblement nulles (de l'ordre de quelques kg. par mm²), pour les aciers ordinaires, lorsque la température de revenu atteignait 550-600°. Nous avons déjà indiqué que, pour cette température de revenu, la résilience passe par un maximum.

L'industrie doit retenir particulièrement ces faits.

VII. — Conclusions sur le revenu

En somme, les points nettement établis par l'expérience sont les suivants :

Un acier trempé présente, lorsqu'on le réchauffe, une succession d'anomalies dans ses propriétés; cependant, elles se divisent assez nettement en deux séries :

1° L'une a lieu vers 100 ou 150° ; elle est accusée notamment dans l'étude thermique et dans la variation de la dureté. Elle est d'autant plus nette que la trempe a été faite à plus haute température. On doit l'attribuer à la transformation de l'austénite en martensite, malgré quelques contradictions dans la dilatation, le magnétisme et l'étude thermique.

2° L'autre anomalie, beaucoup plus nette et se retrouvant dans tous les aciers trempés, se produit vers 350 à 400° ; elle est accusée par les variations de la dilatation, de la résistivité, du pouvoir électrique, de l'intensité d'aimantation et même de certaines propriétés mécaniques, spécialement le module d'élasticité.

On a longtemps pensé qu'elle marquait le début de la transformation de la martensite dont le carbone passe à l'état de carbure. Il commencerait alors à se former ce constituant que l'on appelle la sorbite.

Cependant certains expérimentateurs voient dans ces séries d'anomalies la seule transformation de l'austénite. M. Chévenard nous a fait remarquer, en effet, que la première manifestation entre 100 et 150° est surtout accusée dans les aciers fortement carburés ; mais elle est déjà perceptible, sur les courbes dilatométriques, dans un acier à 0,3 % de C et nettement accusée dans un acier à 0,4 %. La seconde apparaît pour

1. *Revue de Métallurgie*, 1909, Mémoires, p. 102.
2. *Bulletin de l'Industrie minérale*, 1909, p. 190. *Revue de Métallurgie*, 1909, Mémoires, p. 1054.

les plus basses teneurs en carbone (0,05 %). L'intensité de *ces deux manifestations* croît notablement lorsqu'on augmente la température de chauffe (fig. 115 à 117). Ce résultat contredit l'hypothèse qui rattache la seconde anomalie à la destruction de la martensite. En effet, les hypertrempes maintiennent dans le métal un notable excès d'austénite, mais donnent moins de martensite que les trempes normales.

D'autre part, la transformation du métal en (fer α + cémentite) commence certainement avant 300°. A cette température, en effet, l'anomalie de la cémentite a déjà une intensité très appréciable. Si l'on tient pour improbable la transformation directe de l'austénite en troostite, au début du revenu, il faut admettre la destruction de la martensite dès 225°. En second

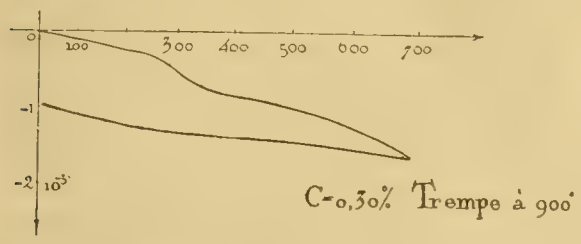


Fig. 115. — *Anomalies dues au revenu d'un acier à 0,3 % de C, trempé à 900°.*

lieu, si la deuxième manifestation traduisait la destruction de la martensite, les propriétés qui dépendent certainement de ce constituant, c'est-à-dire la dureté et l'anomalie de la cémentite, présenteraient une variation rapide entre 300 et 350°; or, il n'en est rien. Il paraît donc plus probable de rattacher *les deux manifestations à la destruction de l'austénite* parce que :

1° leur intensité croît avec l'intensité de l'hypertrempe ;

2° la forme de la courbe d'aimantation indique bien la disparition du constituant amagnétique ;

3° le sens du phénomène thermique correspond à l'achèvement de la transformation Ar ($Fe\gamma$-$Fe\alpha$). Au contraire, l'allure de la destruction de la martensite, phénomène qui se superpose avec le premier, serait absolument régulière, dépourvue de singularité.

D'autre part, il est probable qu'à chaque température correspond un état de revenu qui est d'autant plus vite atteint, et d'autant plus prononcé, que la température est plus élevée.

Il faut enfin noter une troisième anomalie tout à fait intéressante pour l'industrie : celle qui correspond à un maximum très net de la résilience et qui a lieu à 600-700°[1]. Elle paraît correspondre au moment où la structure est entièrement sorbitique.

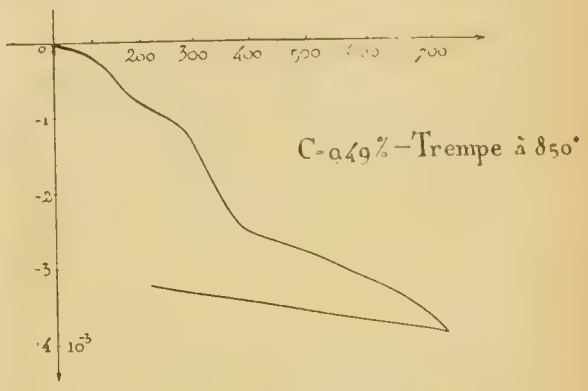


Fig. 116. — *Anomalies dues au revenu d'un acier à 0,49 % de C, trempé à 850°.*

Tels sont les points qui se dégagent de toutes les études résumées. Cependant, il faut bien faire ressortir que la concordance n'est pas absolue dans toutes les recherches et que spécialement

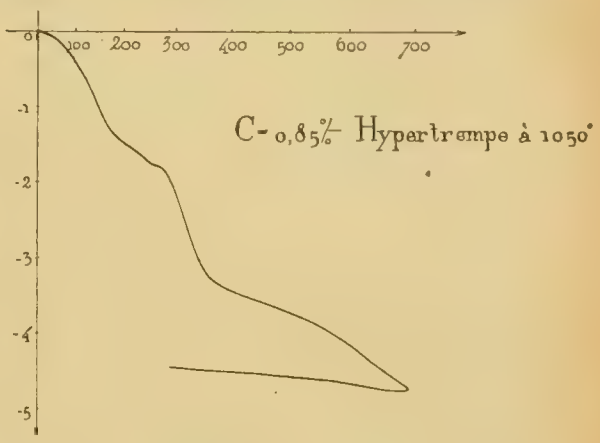


Fig. 117. — *Anomalies dues au revenu d'un acier à 0,85 % de C, hypertrempé à 1,050°.*

les déterminations de M. Heyn sont en discordance avec les autres résultats, même ceux obtenus dans la même voie, notamment par Maurer.

Dans un dernier article, nous tirerons les conclusions générales de l'exposé qui précède et nous en montrerons les conséquences industrielles.

Léon Guillet,
Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures.

1. On voit que cette température n'est point celle trouvée par Heyn pour le maximum d'attaquabilité par l'acide sulfurique.

REVUE D'ANATOMIE

I. — Le squelette du membre inférieur

Relativement peu étudié en ces dernières années, au point de vue de l'Anatomie comparée générale, le squelette du membre inférieur a suscité par contre de nombreuses recherches dans le domaine de l'Anthropologie physique. Les travaux de cette dernière catégorie dénoncent le caractère fictif des conceptions de nos classiques actuels, qui, prétendant décrire l'anatomie humaine, n'enseignent en réalité que celle de l'homme européen moderne. Ils méritent à ce titre toute notre attention.

§ 1. — Le Fémur

J. Holtby[1] a étudié la *platymérie* (aplatissement d'avant en arrière de la partie supérieure du corps fémoral) et le *pilastre fémoral* (qui résulte d'une exagération de la saillie que constitue la ligne âpre).

L. Manouvrier, qui a étudié anciennement l'une et l'autre de ces dispositions, les avait attribuées au développement considérable du muscle crural. Pour Holtby, le pilastre fémoral serait surtout dû à l'action directe des muscles qui s'insèrent sur la ligne âpre. Mais il est certain qu'il se trompe : l'un de nous (R. Anthony) a bien montré, en effet, et compte y revenir dans un ouvrage actuellement en préparation, que la traction musculaire n'a aucune action morphogénique sur les os. L'explication de L. Manouvrier n'est en fait nullement ébranlée par les arguments de J. Holtby, dont la théorie est radicalement inapplicable à tous les cas où il existe des crêtes osseuses sur le sommet desquelles aucun muscle ne s'insère (crête sagittale du crâne de nombreux Mammifères, bréchet du sternum des Oiseaux et des Cheiroptères, la première étant due à l'extension des muscles temporaux, le second à celle des muscles pectoraux superficiels).

Parsons[2] a étudié les fémurs de l'ossuaire médiéval de Rothwell, dont les sujets peuvent être considérés comme représentant un type relativement pur de la race anglaise de cette époque. Il a constaté que la platymérie était commune à Rothwell, et plus fréquente chez les femmes que chez les hommes, ce qui est l'inverse de ce qu'avait trouvé L. Manouvrier chez les populations néolithiques. Le diamètre de la tête fémorale serait, d'une façon constante, beaucoup plus restreint chez la femme que chez l'homme.

K. Shüno[1] a comparé le squelette du membre pelvien des Japonais et des Européens. Le col du fémur serait relativement beaucoup plus court chez les premiers que chez les seconds. L'angle de torsion fémorale serait beaucoup plus grand chez les Japonaises que chez les Japonais. Pour Shüno, ce fait tiendrait à ce que la plupart des Japonaises marchent la pointe du pied en dedans. Il est certain qu'il doit y avoir un rapport entre cette démarche particulière et le grand angle de torsion du corps du fémur, mais lequel de ces deux caractères est la cause, lequel est l'effet? L'auteur ne soulève pas ce problème, que l'étude de l'angle de torsion chez le fœtus pourrait éclaircir.

Th. Walmsley[2] a consacré au col du fémur deux études dans lesquelles la morphologie externe de ce segment osseux, ainsi que les conditions mécaniques auxquelles il est soumis, sont tour à tour examinées.

Sur la face antérieure du col, existe une ligne à peu près verticale, bien marquée, la divisant en deux parties : une partie externe, lisse, sur laquelle glisse la capsule, une partie interne, rugueuse, présentant souvent une facette articulaire. Havelock Charles a vu dans cette facette une conséquence de la position hyperfléchie de la cuisse dans la posture accroupie si commune chez les races asiatiques. Pour Walmsley, cette facette, signalée d'ailleurs par les classiques, se rencontrerait tout aussi souvent chez les Européens que chez les Asiatiques. Elle serait due au frottement du ligament iliotrochantinien.

La longueur du col varie en fonction de la largeur du bassin. Or il est connu que cette largeur augmente en passant des quadrupèdes à l'homme et que les Anthropoïdes font bien, à ce point de vue, la transition entre les premiers et le second. Le diamètre bicotyloïdien du bassin devient plus postérieur, s'éloigne du pubis et se rapproche du sacrum en même temps qu'il s'élargit. Cette migration, bien mise en lumière par Walmsley, est considérée par lui comme une conséquence de la disposition des lignes de force du bassin qui font que l'angle intercepté par les portions précotyloïdienne et postcotyloïdienne de l'os iliaque reste constant chez tous les Mammifères, quelle que soit leur attitude ou la largeur de leur pelvis.

1. *Journal of Anatomy*, 1918.
2. *Journal of Anatomy and Physiology*, 1914 et 1915.

1. *Mémoires de la Faculté de Médecine de Tokyo*, 1916.
2. *Journal of Anatomy and Physiology*, 1915.

L'élargissement du bassin de l'homme a ce résultat que la pression qui s'exerce sur les extrémités supérieures du fémur est beaucoup plus forte chez lui que chez les autres Mammifères. S'adaptant à ces nouvelles conditions, le col s'allonge et les diagrammes géométriques montrent l'effet utile de cet allongement. Ainsi on s'explique que le col du fémur soit plus long chez l'homme que chez les Anthropoïdes, plus long également chez ceux-ci que chez les autres Primates.

Une autre conséquence de l'élargissement du bassin chez l'Homme est l'inclinaison du col du fémur sur la diaphyse. Chez la plupart des Mammifères, l'axe du col fait avec l'axe diaphysaire un très grand angle, col et diaphyse étant à peu près sur le prolongement l'un de l'autre; cette disposition est encore nette, mais déjà moins accusée, chez les Anthropoïdes. Dans l'espèce humaine, l'angle du col diminue notablement et sa valeur est pour Walmsley, en contradiction sur ce point avec les classiques, tout à fait indépendante du sexe ou de la longueur du fémur.

Il est intéressant de noter aussi que les fœtus, chez lesquels le bassin est très étroit, ont un angle du col très ouvert, comme les quadrupèdes.

L'influence de l'élargissement du bassin se fait encore sentir dans la production de l'angle de divergence du fémur, dont les variations chez les Primates ont été étudiées par H. V. Vallois[1]. L'angle de divergence peut être défini comme l'angle à ouverture supérieure qui est compris entre la diaphyse du fémur et la perpendiculaire à l'interligne du genou. Il est extrêmement réduit, parfois même nul, chez les Primates quadrupèdes. La très faible obliquité du fémur de ces animaux est en rapport avec leur démarche; compensant la brièveté du col du fémur, elle permet aux deux extrémités de l'os de se maintenir dans un même plan sagittal.

Chez les Anthropoïdes, l'angle de divergence augmente un peu et son existence est constante. On peut admettre que l'élargissement du bassin, en écartant l'une de l'autre les deux extrémités supérieures du fémur, a du même coup, et par une sorte de mouvement de bascule, déterminé un rapprochement relatif de leurs extrémités inférieures. Des considérations mécaniques démontrent la probabilité de cette double action. Mais, chez les Anthropoïdes, les deux genoux ne se rapprochant pas en raison même de l'appui sur les bords externes des pieds, l'angle de divergence n'est jamais très grand.

1. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 1919.

Chez l'homme, il est devenu très considérable, et c'est encore l'élargissement du bassin qu'il faut incriminer; la cause agissante serait l'action du poids du corps dans la marche bipède, comme le met bien en relief l'étude des cas pathologiques. Il est à noter que l'angle de divergence du Pithécanthrope est beaucoup plus élevé que celui de tous les Anthropoïdes et même que celui de la majorité des races humaines. Ce fait corrobore la manière de voir de L. Manouvrier, d'après qui le fémur de ce fossile serait du type humain

H.-V. Vallois a étudié, d'autre part, l'évolution de l'épiphyse inférieure du fémur chez les divers Primates[1]. Sa robusticité augmente à mesure que l'agilité diminue, quel que soit le mode de locomotion, coureur ou grimpeur, quadrupède ou bipède. De plus, dans l'intérieur d'une même espèce, le distum fémoral est plus développé chez les jeunes que chez les adultes.

Peu volumineuse chez le Gibbon, l'épiphyse inférieure du fémur l'est beaucoup plus chez les trois autres genres d'Anthropoïdes et surtout chez le Gorille et l'Orang. L'homme actuel se place, à ce point de vue, à côté des trois grands Anthropoïdes et loin de tous les autres Primates, Gibbon compris.

Il convient de remarquer que l'épiphyse du fémur humain est toutefois un peu moins éloignée de celle des autres Primates que ne l'est celle des trois grands Anthropoïdes. Dans la race de Néanderthal, elle est plus grosse que dans les races actuelles : ce caractère rapproche l'homme de Néanderthal du Gorille, mais l'éloigne des Primates inférieurs. Quant au Pithécanthrope, il se classe tout à fait à côté des hommes actuels, et ce fait est à rapprocher de celui précédemment signalé à propos de l'angle de divergence.

Au niveau de la face postérieure de la diaphyse fémorale, immédiatement au-dessous du condyle interne, Parsons a signalé, dans les fémurs de Rothwell, une petite saillie (tubercule supracondyloïdien interne), qu'il décrit comme une nouveauté anatomique; elle était cependant déjà mentionnée depuis longtemps dans le traité, classique en France, de Poirier. Stopford[2] a fait une étude spéciale de cette éminence et a constaté sa constance chez les Anglais et les Nubiens. Ce serait, d'après lui, un tubercule d'insertion des faisceaux supérieurs du jumeau interne. Nadgir[3], qui l'a recherchée sur les Hindous, ne l'y a trouvée que dans 26 °/. des cas, et encore était-elle presque toujours peu accusée. Le défaut de

1. *Ibidem*, 1919.
2. *Journal of Anatomy and Physiology*, 1914.
3. *Ibidem*, 1917.

tension du jumeau interne dans la position accroupie, si habituelle chez les races orientales, serait, pour Nadgir, la cause du peu de développement du tubercule supracondyloïdien interne. Son existence chez les Européens serait en rapport avec l'usage de la position assise.

Au moment où nous corrigions les épreuves de cette revue, nous avons reçu un mémoire volumineux que Pearson et Bell [1] viennent de consacrer au fémur de l'homme et des Primates. C'est un long exposé comprenant à la fois des recherches personnelles et une bibliographie complète de la question. Un grand nombre de photographies illustrent cet ouvrage fondamental au premier chef.

§ 2. — Le Tibia

K. Shüno a observé pour le tibia les mêmes différences de torsion entre Japonaises et Japonais que pour le fémur. La cause de ces différences est, au surplus, la même. De plus, il existe chez les Japonais une rétroversion tibiale beaucoup plus accentuée que celle que l'on rencontre normalement chez l'Européen.

L. Manouvrier, qui a étudié avec beaucoup de détails la rétroversion tibiale chez les races néolithiques, la considère comme due à la marche en flexion. La forte rétroversion du tibia des Japonais serait due, d'après Shüno, à l'usage, comme position de repos, des attitudes accroupie ou assise sur le sol. Nous savions déjà, surtout depuis les travaux de Havelock Charles, les profondes modifications que ces postures pouvaient imprimer au squelette des membres pelviens. Le fait essentiel serait de rechercher si l'un au moins de ces caractères nouveaux se transmet par l'hérédité. Une telle étude n'a pas, croyons-nous, été entreprise jusqu'ici.

§ 3. — Le Péroné

Chez les Mammifères, le péroné se montre comme un os manifestement en voie de régression. Th. Walmsley [2], qui a étudié les différents stades de cette régression, pense qu'elle débute par l'exclusion du péroné de l'articulation du genou, phénomène associé à la disparition des mouvements de rotation du pied. L'épiphyse supérieure de l'os ne persiste alors qu'à titre d'apophyse musculaire, ayant perdu tout rôle dans la sustentation du corps; l'apparition tardive du point d'ossification proximal de l'os, chez l'homme, serait une preuve de la déchéance de cette extrémité.

1 Study of the long Bones of the English Skeleton. I. The Femur. Cambridge, 1919/20.

2. *Journal of Anatomy*, 1918.

Au contraire, l'extrémité inférieure se conserve avec son rôle articulaire. Chez la majorité des Mammifères, elle reste indépendante du tibia et en continuité avec la diaphyse péronéale; chez la plupart des Artiodactyles, elle s'isole en un petit os spécial, l'os malléolaire; chez les Equidés actuels, elle se soude au tibia.

Le développement du péroné serait, pour Walmsley, en rapport direct avec le plus ou moins de préhensilité du pied.

M. Romieu, enfin, vient de consacrer sa thèse de Doctorat en Médecine [1] à l'étude du péroné cannelé chez l'Homme.

Les cannelures du péroné peuvent, d'après lui, n'occuper qu'une des faces de l'os, mais elles peuvent aussi en occuper deux faces, ou même les trois; d'habitude, c'est la face externe qui est la plus excavée, et elle peut l'être si profondément que toute la partie antérieure de l'os est réduite à une mince lamelle. Les cannelures doivent être attribuées à un fonctionnement excessif et par conséquent à un développement des insertions des muscles péroniers et des muscles extenseurs. La gouttière externe, la plus fréquente, correspond à l'hypertrophie du long péronier latéral; la gouttière interne, à celle du jambier postérieur.

Etant donné que le péroné cannelé coïncide, presque toujours, avec le tibia platycnémique, il est extrêmement probable que c'est sous l'influence d'un même genre de vie spécial que l'une et l'autre dispositions se sont produites. Le rôle du long péronier latéral dans la sustentation de la voûte plantaire explique son plus grand fonctionnement et par conséquent son action prédominante.

§ 4. — Le problème de la triphalangie du 1er rayon des extrémités

La question de la valeur morphologique du premier métacarpien et du premier métatarsien est un des problèmes classiques de l'Anatomie comparée. Tandis que les métacarpiens et les métatarsiens 2 à 5 ont leur point d'ossification complémentaire au niveau de l'épiphyse distale de l'os, le premier métacarpien et le premier métatarsien ont leur point complémentaire au niveau de l'épiphyse proximale et se comportent, par suite, à cet égard, tout à fait comme des phalanges. Les données du problème sont encore rendues plus complexes par ce fait que le pouce et l'hallux n'ont que deux phalanges, alors que les autres rayons digités en ont trois.

Sappey avait admis que le 1er métatarsien

1. Montpellier, 1919.

actuel était formé de la soudure de la 1re phalange vraie avec le 1er métatarsien : ce métatarsien, atrophié, ne serait plus représenté que par l'épiphyse supérieure, tandis que la 1re phalange correspondrait au reste de l'os. Cette opinion a été reprise par Mayet qui, ayant constaté que le point d'ossification proximal du 1er métatarsien était double chez le fœtus, a admis qu'un des noyaux correspondait au 1er métatarsien atrophié, l'autre représentant le point d'ossification complémentaire classique de la 1re phalange. Pour Sappey et Mayet, le 1er rayon digité aurait donc, comme les autres, trois phalanges, plus un métatarsien atrophié.

Pfitzner et d'autres admettent, au contraire, que le 1er métatarsien mérite bien son nom; l'hallux aurait perdu sa 2e phalange, qui se serait soit atrophiée, soit soudée à la 3e. Cette théorie a le défaut de ne pas expliquer le mode d'ossification si spécial du 1er métatarsien.

Volkov (1902) pense que le 1er métatarsien représente, dans sa totalité, la 1re phalange du pouce. Le 1er métatarsien vrai serait alors représenté par le 1er cunéiforme. Quant au vrai 1er cunéiforme ou 1er tarsien, il se serait soudé au scaphoïde et formerait la tubérosité de cet os. Il y aurait donc eu un recul progressif des segments du pouce et une atrophie des éléments proximaux. La théorie de Volkov, basée sur de nombreuses observations d'anatomie comparée, est rapidement devenue classique en France.

Cependant, Puyhaubert[1], il y a quelques années, est revenu à la théorie de Pfitzner. Pour lui, tous les métatarsiens auraient eu, primitivement, un point d'ossification complémentaire à chacune de leurs extrémités ; c'est encore le cas pour les métatarsiens de certains Ongulés. De ces deux points, le proximal aurait disparu pour les quatre métatarsiens externes et cette disparition serait due à l'immobilité relative des extrémités correspondantes de ces quatre os, encastrées à frottement dur dans l'articulation tarso-métatarsienne. Par contre, la mobilité plus grande du premier métatarsien lui aurait valu de conserver son point d'ossification proximal. Par une sorte de bascule, sur le mécanisme de laquelle Puyhaubert ne s'explique pas, le point d'ossification distal de cet os aurait secondairement disparu. Le métatarsien de l'hallux aurait donc bien la valeur que lui concède son nom et, si l'hallux n'a que 2 phalanges, cela tiendrait à la régression de la phalangine. A l'appui de sa thèse, l'auteur ajoute que : 1° il n'est pas rare que les métatarsiens 2 à 5 présentent un point d'ossification au niveau de leur extrémité proximale; la radiographie permet de constater ce fait qui avait échappé aux anciens observateurs ; 2° le point épiphysaire du 1er métatarsien est visiblement en voie de disparition; 3° quand, dans un des 4 doigts externes, une phalange entre en régression, c'est toujours la phalangine.

M. Baudouin[1], en étudiant le pied des néolithiques, a constaté qu'il existait très fréquemment, chez ceux-ci, un point épiphysaire distal au 1er métatarsien. Aussi adopte-t-il pleinement les idées de Puyhaubert. Pour lui aussi, c'est la mobilité du gros orteil (et du pouce à la main) qui a permis la conservation du point épiphysaire proximal de son métatarsien. Mais pourquoi le point distal a-t-il disparu ? Nous avons vu que Puyhaubert ne se prononçait pas sur la cause de cette disparition, et c'est là le point faible de sa théorie. Selon Baudouin, c'est la grande mobilité de la 1re articulation métatarso-phalangienne qui a entraîné la suppression de ce point d'ossification. Ainsi, deux phénomènes inverses, absence totale de mobilité (au niveau du proximum, dans les 4 métatarsiens externes) et trop grande mobilité (au niveau du distum, dans le 1er métatarsien) auraient eu un même résultat anatomique ! Une telle explication paraît paradoxale et Baudoin lui-même le reconnaît.

Tout récemment enfin, Dubreuil-Chambardel[2] a étudié, par la radiographie, le mode d'ossification du 2e métacarpien. Il a constaté que, avec une fréquence de 10 %, il existait au niveau de l'extrémité proximale de l'os un point d'ossification secondaire. Si l'on rapproche ce fait de ce que, à titre anormal, il existe parfois un point d'ossification complémentaire distal au métacarpien du pouce, on arrive à la conclusion que, fondamentalement, tous ces os, le premier comme les quatre autres, possédaient trois centres d'ossification. Tous les métacarpiens sont donc analogues et ces données confirmeraient celles de Puyhaubert.

On peut même, à notre avis, aller plus avant et admettre que, comme tout os long, chaque segment osseux intermédiaire de l'extrémité antérieure ou postérieure possède fondamentalement trois centres d'ossification, un diaphysaire et deux épiphysaires[3]; dans les plus proximaux de

1. *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, 1913.

1. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 1915.

2. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 1918.

3 A un certain stade de l'évolution ontogénique de la main des Cétacés, on voit, dans chaque segment, les trois points d'ossification exister. On serait ici en présence d'un curieux retour à une disposition ancienne, sans doute disparue chez les ancêtres immédiats de ces animaux.

ces segments et qu'on appelle métacarpiens ou métatarsiens, le point épiphysaire proximal disparaît; dans les plus distaux (phalanges), c'est le point épiphysaire distal qui disparaît au contraire. La question qui reste à résoudre encore est celle de la détermination des causes qui font qu'il en est ainsi et des causes dont dépendent aussi les exceptions à cette règle (segment proximal du premier rayon de chaque extrémité). Quoi qu'il en soit, de la suite des travaux publiés en ces dernières années, il résulte au moins que la distinction entre métacarpiens et métatarsiens d'une part, phalanges d'autre part, est factice, purement nominale, et ne répond à aucune réalité anatomique.

II. — La Morphologie du péritoine

§ 1. — L'évolution du mésentère chez les Mammifères

W. C. Mackenzie[1] a étudié la topographie du péritoine chez les Marsupiaux et les Monotrèmes, et a essayé, en partant de ces bases, d'expliquer la genèse de la disposition si complexe du péritoine humain.

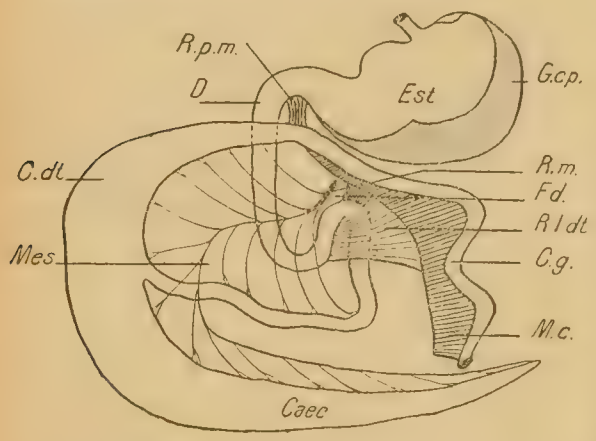


Fig. 1. — *Péritoine et tube digestif du* Phascolarctos (*d'après Mackenzie*). — *G. ep.*, grand epiploon ; — *R. m.*, racine du mésentère et artère mésentérique supérieure ; — *F. d.*, fosse duodénale primaire ; — *R. l. dt.*, repli péritonéal latéral droit ; — *C. g.*, côlon terminal ou gauche ; — *M. c.*, mesocôlon terminal ; — *Cæc.*, cæcum ; — *Mes.*, mesenterium commune ; — *C. dt.*, côlon proximal ou droit ; — *D.*, duodenum ; — *R. p. m.*, repli péritonéal médian ; — *Est.*, estomac. — Le repli péritonéal latéral gauche n'existe pas chez le *Phascolarctos*.

D'après cet auteur, il existe, chez les Marsupiaux, trois replis du péritoine, absolument fondamentaux : ce sont leur situation et leurs rapports qui régleraient toute la morphologie de la séreuse.

1° Le *Repli péritonéal médian* est particulièrement bien marqué chez le Phascolarctos (fig. 1, R. p. m.) ; il se porte de la région pylorique au côlon. Chez les Cheiroptères et les *Macropodidae*, ce repli se continue avec le bord libre du mésentère ventral, de l'autre côté du pylore. Cette même disposition se retrouve nettement accusée chez le Caméléon parmi les Reptiles. L'attache de ce repli sur le côlon permet de diviser cette portion du tube intestinal en deux segments tout à fait distincts. Le segment proximal, situé à droite du ligament, est le « côlon mésentérique », ou droit ; il correspond à la partie du côlon qui est suspendue au *mesenterium commune*, c'est-à-dire à cette portion du mésentère qui, chez l'homme, est commune au jéjuno-iléon, au côlon ascendant et au côté droit du côlon transverse. Le segment distal, situé à gauche du ligament, est le « côlon mésocolique », ou gauche ; il correspond à la partie du côlon suspendue au *mesenterium terminale*, soit, chez l'homme, à tout le reste du côlon transverse, au côlon descendant et au côlon iliopelvien.

Les variations que présente le repli péritonéal médian sont sous la dépendance du plus ou moins grand développement du côlon. Quand celui-ci passe près du pylore, le repli existe ; dans ce cas, le côlon mésentérique est très grand (cas de la fig. 1). Quand il reste loin du pylore, le repli est rudimentaire ou absent, le côlon mésentérique est alors peu développé. Les deux extrêmes, parmi les Marsupiaux, sont le Koala (herbivore) et le Dasyure (carnivore). Chez les Placentaires, on trouve tous les stades : le côlon droit extraordinairement développé des Rongeurs est déjà bien simplifié chez les Lémuriens ; et le type humain se dessine chez les Platyrrhiniens. Chez tous, on peut observer que ce côlon droit reçoit des branches nerveuses qui lui viennent directement du pneumogastrique droit, en passant à droite du repli médian. On peut encore remarquer, au cours de l'étude des divers Primates, que la fixation du côlon droit à la paroi se fait de haut en bas, c'est-à-dire en partant du pli médian.

On peut admettre que la disposition humaine a été peu à peu acquise, grâce aux séries de modifications suivantes :

a) Présence d'un repli médian rattachant le début du côlon gauche ou distal à la région pylorique ;

b) Simultanément, développement marqué du côlon droit ou mésentérique ;

c) Raccourcissement secondaire de ce côlon droit par la production d'anses et de bosselures, comme c'est le cas chez les Rongeurs et les Lémuriens. Le côlon est ainsi diminué et simplifié quand s'établit l'attitude bipède ;

1. *Journal of Anatomy*, 1916 et 1917.

d) Fixation de ce côlon à la paroi abdominale postérieure, de haut en bas.

2° Le *Repli péritonéal latéral gauche*, ou splénomésocolique, est très net chez l'Ornithorynque : il se porte de gauche à droite, du lobe postérieur gauche de la rate à la face postérieure, ou gauche, du mésocôlon terminal. Chez les Mammifères à rate réduite, il part du prolongement postérieur de la rate, qui représente le lobe postérieur gauche atrophié de cet organe.

L'origine de ce repli est fort difficile à interpréter. Primitivement, Mackenzie croyait qu'il s'agissait d'un repli dû à l'accolement secondaire de deux surfaces péritonéales voisines. Plus tard, l'étude du péritoine de certains Reptiles l'a conduit à admettre que c'était là un repli primitif de la séreuse. Chez certains *Scincidae*, en effet (fig. 2), on constate que la rate est logée dans tout le mésentère dorsal, depuis la portion qui correspond à l'estomac (mésogastre), jusqu'à celle qui correspond au côlon mésocolique (mésocôlon terminal). Chez les Mammifères, le mésogastre se développe pour former le grand épiploon dont le feuillet postérieur contient la rate; et le repli latéral gauche ne serait qu'un vestige des relations primitives de la rate avec le mésocôlon terminal.

Le pancréas est également situé dans le mésogastre dorsal. Chez beaucoup de Reptiles et chez les Mammifères inférieurs, la glande est diffuse, et son inclusion dans un méso libre ne gêne pas son fonctionnement. Mais, chez les Mammifères dits supérieurs, la glande devient de plus en plus compacte. Or c'est une loi générale du développement phylogénique du péritoine, dit Mackenzie, que les organes compacts tendent à s'accoler aux parois de l'abdomen. En particulier, cela exclurait la possibilité d'une torsion des canaux excréteurs. Et c'est pour cette raison que l'homme, dont l'attitude verticale paraît être en rapport avec une grande mobilité possible des organes péritonéaux, est celui des Mammifères où l'on observe les plus grands accolements. En conséquence, on voit la partie postérieure du mésogastre se rapprocher de la paroi dorsale et venir s'y souder au niveau du rein. Le repli latéral gauche qui était, primitivement, indépendant de la paroi et du rein se fixe maintenant sur celui-ci par son extrémité splénique. Le mouvement s'accentuant, le côlon se soude aussi à la paroi, cependant que la fixation du repli latéral entraîne une traction du côlon terminal qui vient s'appliquer contre la paroi abdominale postérieure gauche. L'inclusion secondaire dans le grand épiploon de la partie de ce côlon comprise entre le pylore et la rate, aide à la fixation du reste de ce segment de l'intestin : tous les degrés de cette fixation peuvent être suivis chez les *Macropodidae*, les Platyrrhiniens, les Catarrhiniens et les Anthropoïdes. La fixation du futur côlon descendant se fait toujours de haut en bas, c'est-à-dire qu'elle débute au niveau du repli latéral gauche.

3° Le *Repli péritonéal latéral droit*, ou repli duodéno-mésocolique, est bien indiqué chez le Phascolarctos (fig. 1). Il se porte de droite à gauche, de la partie terminale du duodénum vers la face antérieure ou droite du mésocôlon

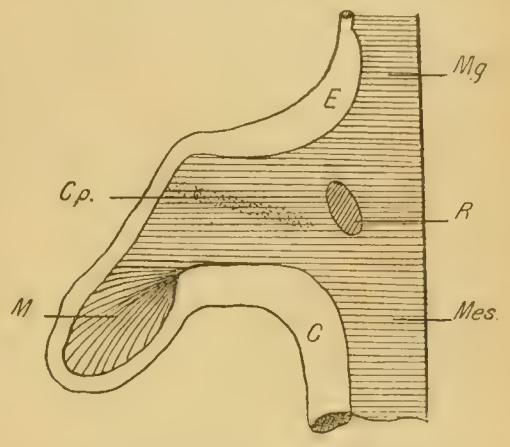


Fig. 2. — *Le mésentère dorsal chez un Reptile :* Lygosoma (*d'après Mackenzie*). — *Mg.*, mésogastre dorsal ; — *R.*, rate ; — *Mes.*, mésocôlon terminal ; — *C.*, côlon ; — *M.*, mesenterium commune ; — *G. p.*, glande pancréatique ; — *E.*, estomac.

terminal. Entre son bord supérieur, la racine du mésentère et l'angle duodéno-jéjunal se trouve la fosse duodénale primaire, que l'on rencontre chez tous les Mammifères, jusqu'aux Platyrrhiniens.

La première question qui se pose est de savoir si c'est l'existence de ce repli qui a entraîné, par traction, la forme caractéristique, en U, du duodénum. Ce n'est pas l'avis de Mackenzie, car, pour lui, cette forme en anse est une conséquence de la fonction de l'organe. Elle apparaît de très bonne heure dans la phylogénie : on la trouve déjà chez le Caméléon, c'est-à-dire à un stade où il n'existe aucun repli péritonéal dont l'action serait susceptible d'en expliquer la formation. Pour Mackenzie, le fait primitif est une inégalité de croissance du tube digestif, d'ordre physiologique : la forme du duodénum est due à sa fonction spéciale qui lui assure une individualité telle qu'il mérite d'être placé sur le même rang que le reste de l'intestin grêle ou les deux côlons primordiaux. La spécialisation du duodénum est en rapport avec l'arrivée de branches directes du pneumogastrique droit au niveau de sa

terminaison; cet apport nerveux est constant chez tous les Mammifères.

Comme la production de l'anse intestinale grêle et l'existence du repli péritonéal médian placent le *mesenterium commune* devant le duodénum, celui-ci ne peut plus se développer qu'en s'étalant à droite et dorsalement au côlon mésentérique. Secondairement, se fait une adhérence entre l'angle duodéno-jéjunal et le mésentère du côlon terminal, et ainsi se forme le repli péritonéal latéral droit, si caractéristique de tous les Mammifères, jusqu'aux Platyrrhiniens. La présence de ce pli est associée à l'existence d'une fosse duodénale primaire, telle que nous l'avons délimitée plus haut. Quand le duodénum se fixe à la paroi abdominale postérieure, ce qui va de pair avec une fixation identique du côlon droit et de son mésentère, et, par suite, du pancréas, il n'y a plus ni fosse duodénale, ni repli latéral droit : c'est le cas des Catarrhiniens et de l'Orang, dit Mackenzie.

Faisons cependant remarquer que, pour l'Orang, cette disposition n'est pas constante, car sur un Orang-outang disséqué par l'un de nous [1], le duodénum était flottant et la fosse duodénale primaire existait.

Le résultat de tout ce qui précède, c'est que si l'on se place au point de vue de la morphologie comparée du péritoine et de ses rapports avec les branches nerveuses, on peut diviser ainsi le tube intestinal de l'homme :

a) *Duodénum.* — Il va du sphincter pylorique à l'angle duodéno-jéjunal, où il reçoit des fibres directes du nerf vague.

b) *Intestin grêle.* — Il va jusqu'à la valvule iléo-cœcale, où il reçoit un nouvel apport de fibres du vague mêlées à des fibres sympathiques.

c) *Côlon mésentérique* (c. droit, c. proximal). — C'est le segment qui va du cœcum au point du gros intestin qui avoisine le pylore et s'y fixe par le repli péritonéal médian. A cet endroit pénètrent des branches du pneumogastrique droit. Ce premier segment correspond au côlon ascendant et à l'angle hépatique du côlon transverse.

d) *Côlon mésocolique* (c. gauche, c. distal). — Il va du repli médian au pelvis et correspond au côlon transverse proprement dit et à son angle splénique, au côlon descendant et au côlon iliopelvien.

Mackenzie conclut en faisant remarquer qu'aucun Mammifère, pas même les Anthropoïdes, ne présente le ligament de Treitz [2], ni la membrane de Jackson. Ces formations peuvent donc être regardées comme des dispositions acquises chez l'homme, en relation avec l'attitude verticale.

1. R. Anthony : Mémoire sur les organes viscéraux d'un jeune orang-outang femelle. *Bulletin de la Soc. d'Anthrop. de Paris*, 1898.

2. Voir R. Anthony, *loco citato*, 1898, où l'absence du ligament de Treitz est signalée chez l'Orang.

§ 2. — Le pli génito-mésentérique et sa formation

Sous le nom de pli ou ligament génito-mésentérique, quelques auteurs ont mentionné, chez la femme, un repli du péritoine qui se porte du bord supérieur du ligament large vers le mésoappendice ou la fin de l'iléon. Propre au côté droit, ce repli, dont la signification est obscure, est d'habitude passé sous silence ou confondu avec le ligament suspenseur de l'ovaire. Les travaux récents de Douglas Reid, Leblanc et Gouverneur ont sorti de l'ombre ce ligament et ont essayé de lui donner une interprétation morphologique.

Douglas G. Reid, dans une série d'articles échelonnés de 1911 à 1915 [1], constate l'existence de ce ligament chez la grande majorité des fœtus à terme (70 %) : il s'y montre sous la forme d'un repli péritonéal bien marqué, reliant le mésentère à la trompe et à l'ovaire droits. De forme triangulaire et situé dans un plan sensiblement vertical, il fait saillie dans la cavité péritonéale par son bord antérieur libre. Son bord postérieur adhère à la paroi et présente avec les vaisseaux ovariens des rapports variables : tantôt il les loge, tantôt il est légèrement dévié en dehors d'eux. Au niveau de son insertion supérieure, il s'accole au mésoappendice.

Chez l'adulte, les restes de ce ligament persistent dans la proportion de 33 %. Sa partie supérieure s'est soudée au mésoappendice du fœtus pour constituer le mésoappendice de l'adulte dont l'origine serait donc double ; la partie inférieure forme un repli inconstant qui croise les vaisseaux iliaques externes.

E. Leblanc [2], sans connaître les travaux de Douglas Reid, a, de son côté, retrouvé, comme une formation constante, le repli génito-mésentérique chez la femme nouveau-née. Pour lui, ce repli existe des deux côtés : en haut du côté gauche, il aboutit au mésosigmoïde, et du côté droit, à la fin du mésoiléon. Entre les deux lames péritonéales de ce repli, Leblanc décrit de nombreuses fibres élastiques entremêlées de fibres musculaires lisses ; au niveau de l'extrémité inférieure du ligament, ces fibres se dissocient et se portent sur le mésoovarium, le mésosalpinx et le ligament rond. Chez tous ces nouveau-nés féminins, le repli génito-mésentérique apparaît comme nettement distinct du ligament suspenseur de l'ovaire, dont les éléments

1. *Journal of Anatomy and Physiology*, vol. XLV à XLIX.

2. *Bibliographie anatomique*, 1914 ; t. XXIV.

ne se confondent avec les siens que tout à fait à sa partie inférieure.

R. Gouverneur[1] a repris les travaux de ses devanciers et a constaté qu'un ligament analogue se retrouvait chez le fœtus mâle : une fois sur deux, il existe un repli péritonéal qui s'étend du pôle supérieur du testicule au péritoine de la paroi abdominale postérieure, au voisinage du mésentère. Son bord antérieur est libre ; son bord postérieur, adhérent, est parallèle à l'uretère et un peu en dehors de lui. Parfois, ce ligament contient les vaisseaux spermatiques.

Ainsi, non seulement le ligament génito-mésentérique existe des deux côtés chez le fœtus femelle, mais encore il existe, et aussi des deux côtés, chez le fœtus mâle. Il s'agit donc là d'une formation indépendante du sexe, constante chez le fœtus, mais en régression chez l'adulte. Quelle peut en être la signification ? Pour Gouverneur, c'est un reste du ligament diaphragmatique du corps de Wolff de l'embryon. On sait que, chez ce dernier, le corps de Wolff et l'éminence urogénitale sont prolongés en haut et en bas par deux ligaments inclus dans deux replis péritonéaux tendus le long de la paroi abdominale postérieure. Le ligament inférieur est le ligament inguinal : il contribue à former chez la femme le ligament rond, et, chez l'homme, le gubernaculum testis. Le ligament supérieur est le ligament diaphragmatique. On admet généralement que, chez l'adulte, il a disparu pendant la descente des glandes génitales et que ses éléments se mélangent à ceux du ligament infundibulo-pelvien. D'après Gouverneur, il n'en est rien, et c'est ce ligament diaphragmatique, avec le repli péritonéal qui le couvre, qui a subsisté chez le nouveau-né pour devenir le ligament génito-mésentérique, formation autonome et indépendante du ligament infundibulo-pelvien.

III. — L'Anatomie des Proboscidiens

L'Anatomie des Proboscidiens a fait en France en ces dernières années l'objet d'intéressants travaux.

Quelques débris d'un Mammouth trouvé aux îles Liakhow ayant été offerts au Laboratoire de Paléontologie du Muséum par le comte Stenbok-Fermor, MM. Neuville et Gautrelet[2] ont pu déceler dans le sang de ce Proboscidien fossile la présence de l'*hématoporphyrine* et de l'*hémochromogène ;* contrairement aux auteurs russes qui ont étudié les restes du Mammouth de la Berejowka, dont ils critiquent les méthodes et les résultats, ils n'ont pu retrouver d'*hémine*. Bref, le sang du Mammouth, à l'état où il se présente dans les restes maintenant exhumés, leur paraît être un coagulum albuminoïde sur lequel est fixé un pigment que les réactions physico-chimiques des produits de transformation permettent d'identifier à l'*hématine*.

Dans une autre étude, H. Neuville a confirmé et précisé cette donnée, parfois contredite, que, comme les Eléphants actuels, les Mammouths, en dépit de leur épaisse fourrure, étaient dépourvus de glandes cutanées[1]. Etudiant aussi un grand nombre de Proboscidiens actuels, il a décrit et figuré les particularités de leurs téguments[2], caractérisés par une hypertrophie des papilles épidermiques. Se basant sur des comparaisons d'ordre pathologique, il considère ces dispositions comme *papillomateuses :* normales chez les Eléphants, elles se retrouveraient, à titre pathologique, chez l'homme et les animaux. Il rappelle à ce sujet que la diminution de la sécrétion sébacée et la privation d'imprégnation graisseuse qu'elle entraîne (*astéatose*) sont reconnues comme diminuant la résistance de la peau et même comme symptomatiques de certaines affections cutanées. Il considère que la peau des Proboscidiens, privée de cette protection, a réagi aux irritations inhérentes aux milieux dans lesquels vivent ces Pachydermes par un processus foncièrement identique à celui qui, chez l'Homme et les animaux, entraîne certaines hypertrophies cutanées. Pour Neuville, ce serait, en partie au moins, grâce à cette particularité devenue protectrice contre les irritations, que les Eléphants ont pu survivre tandis que les Mammouths disparaissaient. Chez ceux-ci, la privation d'imprégnation sébacée devait, en effet, diminuer considérablement la valeur isolante de la fourrure ; tant qu'ils vécurent sous des climats peu rigoureux, une telle fourrure pouvait suffire, comme suffit à la Chrysochlore ou au Paresseux un pelage également privé d'imprégnation sébacée ; mais les pluies glaciales, les neiges, devaient la pénétrer facilement et atteindre jusqu'à la peau, privée elle-même d'imprégnation protectrice. H. Neuville admet que cette fourrure, au lieu de réaliser une protection efficace, a dû finir par n'être qu'une cause d'infériorité, et il voit dans ce détail d'organisation cutanée l'une

1. *Bibliographie anatomique*, 1918 ; t. XXV.

2. Sur le sang du Mammouth. *C. r. Acad. Sc.*, 23 fév. 1914. Observations faites sur le sang du Mammouth offert au Muséum par le comte Stenbok-Fermor. *Bull. du Mus. nat. d'Hist. nat.*, 1914, n° 3, Pl. I.

1. Du tégument des Proboscidiens. *Bull. du Mus. d'Hist. nat.*, 1917, n° 6, 14 p., 2 pl.

2. Sur quelques particularités du tégument des Eléphants et sur les comparaisons qu'elles suggèrent. *Id.*, 1918, n° 5, 10 p., 3 pl.

des causes — peut-être la principale — de l'extinction du Mammouth [1]. Cette donnée est radicalement contraire à celles qui ont eu cours jusqu'ici et qui, toutes, se basant sur l'apparence de protection — illusoire d'après H. Neuville — fournie par la fourrure, admettaient que les Mammouths étaient spécialement adaptés aux climats froids et attribuaient leur disparition à des causes variées (cataclysmes, manque de nourriture).

MM. Retterer et Neuville ont étudié les hématies de l'Eléphant [2], déjà étudiées par Schultz, Mandl, Gulliver, Jones. Contrairement à ces auteurs, qui sembleraient n'avoir vu que des éléments déformés, ils ont retrouvé ici, en opérant avec une technique rigoureuse, des hématies sphériques, hémisphériques ou lenticulaires d'après leur état d'évolution, et variant de 5μ à 5μ5 en moyenne; ils y ont observé la partie hémoglobique et la partie anhémoglobique décrites depuis longtemps par M. Retterer sur les hématies de différents Mammifères.

Ces mêmes auteurs ont encore étudié la rate de plusieurs Eléphants [3]. Les données relatives à cet organe étaient jusqu'ici assez confuses; il est de faibles dimensions par rapport à la taille de l'animal; on y observe une charpente très riche en fibres élastiques, et son parenchyme montre des îlots syncytiaux (corpuscules de Malpighi) dont la périphérie est en voie de transformation en tissu réticulé à mailles vides; ces faits sont très instructifs pour l'établissement des relations génétiques entre la pulpe blanche (corpuscules de Malpighi) et la pulpe rouge, celle-ci ne représentant qu'un stade évolutif de celle-là.

Enfin, MM. Retterer et Neuville ont décrit la verge de l'Eléphant [4]; la revue précédente d'Anatomie a exposé les principaux résultats des travaux de ces auteurs sur les organes génitaux et en particulier sur le tissu érectile. L'étude de la verge de l'Eléphant confirme ces résultats.

Peut-être n'a-t-on pas oublié les discussions soulevées, il y a quelques années, au sujet de la plèvre des Eléphants, et dont en 1910 (*Revue vétérinaire*) M. Bourdelle nous a donné un excellent exposé. H. Neuville a réuni un certain nombre d'observations sur ce point de l'anatomie des Proboscidiens et les a complétées récemment sur un fœtus d'Eléphant d'Afrique offert au Laboratoire d'Anatomie comparée du Muséum par le commandant Hommelen [1], de l'armée coloniale belge. H. Neuville arrive à cette conclusion, que la cavité pleurale, normale sur le fœtus, s'oblitère au moment de la naissance et reste totalement oblitérée pendant toute la vie, aussi bien chez l'Eléphant d'Afrique que sur celui d'Asie. Cette oblitération est réalisée par le développement, entre les plèvres viscérale et pariétale, d'un tissu conjonctif de structure banale, rappelant étroitement le tissu conjonctif sous-cutané. Comme l'avait annoncé W. Todd, cette disparition de la cavité pleurale est en rapport avec le mode de respiration des Eléphants, essentiellement diaphragmatique, et est liée à l'absence de cartilages branchiaux intra-pulmonaires.

De 1913 à 1919, M. Sabba Stefanescu, professeur de Géologie et de Paléontologie à l'Université de Bucarest, a présenté à l'Académie des Sciences [2] une série de notes sur la phylogénie et sur la structure des molaires des *Mastodontes*, *Stégodontes* et *Eléphants*. Le phylum *Mastodon* —> *Stegodon* —> *Elephas* établi par les paléontologistes antérieurs, et qui est basé sur l'accroissement du nombre des collines ou lames des molaires, lui semble artificiel. L'auteur admet que la colline des molaires du *Mastodon* ainsi que la lame des molaires du *Stegodon* et de l'*Elephas* « est formée de deux tubercules congénères, plus ou moins fusionnés par leurs côtés internes ».

Les tubercules externes des molaires inférieures et les tubercules internes des molaires supérieures sont ramifiés en trèfle, tandis que les tubercules internes des molaires inférieures et les tubercules externes des molaires supérieures sont ramifiés en crête. La spécialisation des tubercules permet la séparation de deux phylums : le *phylum stégodontide*, complètement éteint, et le *phylum éléphantide*, représenté dans la faune actuelle par les deux espèces d'éléphants vivants.

Ultérieurement, après de longues et minutieuses études poursuivies au Laboratoire d'Anatomie comparée du Museum sur la structure des lames dentaires de l'Eléphant d'Afrique et de l'Eléphant d'Asie, M. Stefanescu s'est prononcé

1. *Loc. cit.*, et : De l'extinction du Mammouth. *L'Anthropologie*, 1918-1919, p. 193-212.
2. Des hématies de l'Eléphant. *C. r. Soc. de Biologie*, 1915, p. 500-503, et *Bull. du Mus. d'Hist. nat.*, 1915, p. 209-218, pl. II.
3. De la rate de l'Eléphant. *C. r. de la Soc. de Biol.*, 1916, p. 693-697.
4. Sur l'organe mâle externe de l'Eléphant et remarques sur le tissu érectile des Mammifères. *Annales des Sc. nat., Zool.*, 1916, p. 259-312, 14 fig.

1. Sur un fœtus d'Eléphant d'Afrique (Remarques et comparaison). *Bull. du Muséum d'Hist. nat.*, 1919, p. 95-102, 3 fig.
2. Séances des 13, 27 octobre et 10 novembre 1913, 6 avril 1914, 12 juillet 1915, 26 juin 1916, 6 mai 1918, 13 janvier, 3 mars, 5 mai, 16 juin, 30 juin et 21 juillet 1919.

catégoriquement pour l'origine différente de ces deux espèces. Les ancêtres de l'Eléphant d'Afrique seraient issus directement des Mastodontes bunolophodontes à collines dentaires formées de deux tubercules congénères non alternes, et par conséquent appartiendraient à une branche différente de celle du *Mastodon arvernensis*; l'*Elephas indicus*, l'*Elephas primigenius* et l'*Elephas meridionalis*, au contraire, « seraient liés phylogénétiquement aux espèces de Mastodontes bunolophodontes dont les collines des molaires sont formées de tubercules congénères alternes, telles que *Mastodon sivalensis* et *Mastodon arvernensis* ». Il s'ensuit donc que *les Eléphants non seulement ne sont pas les descendants des Stégodontes*, mais que *chacune de leurs deux espèces actuelles est le dernier représentant d'une branche du phylum éléphantide.*

Parmi les faits nouveaux établis par l'auteur au cours de ses recherches, on peut citer les suivants : 1° Les molaires des Eléphants ne progressent pas suivant des grands arcs de cercles, mais suivant d'autres courbes ; pendant leur progression, elles accomplissent, simultanément, un mouvement de torsion sur elles-mêmes, de sorte que, lorsqu'elles arrivent dans les parties antérieures de leurs trajectoires, elles s'entrecroisent en *x*. 2° Les couronnes des molaires sont tordues de façon que la partie antérieure des molaires inférieures est renversée vers l'extérieur et que la partie antérieure des molaires supérieures est renversée vers l'intérieur de la bouche. 3° Autour de chaque germe de molaire s'organise une poche ou *périodonte* qui, d'abord indépendante, finit par adhérer et fusionner à l'os maxillaire et aux périodontes voisines, pour former l'alvéole. Les périodontes s'organisent d'avant en arrière, exactement comme les couronnes et les racines ; la structure lâche spongieuse ou celluleuse leur donne une sorte de plasticité, qui permet la progression des molaires dans les fosses alvéolaires.

IV. — L'Anatomie des Cheiroptères

§ 1. — Les organes génitaux

Dans la monographie[1] qu'il a consacrée aux organes génitaux des Cheiroptères, F. Wood Jones s'est efforcé de dégager de leur étude les affinités de ce groupe.

Les *Mégacheiroptères*, à en juger par leurs organes génitaux, constituent un groupe très bien défini que différencie un mélange curieux de caractères, les uns généralement considérés comme inférieurs, les autres, comme supérieurs. C'est ainsi que l'utérus est complètement double. Ce caractère est très rare chez les Euthériens, et il est d'autant plus étonnant de le rencontrer ici que la femelle ne produit qu'un petit à chaque portée. Il n'y a pas de sinus urogénital, fait probablement en relation avec l'absence de symphyse pelvienne. La vulve s'ouvre par une fente transversale, et le clitoris, qui la surmonte, est aplati ; ces détails et quelques autres se retrouveront dans le Galéopithèque et certains Microcheiroptères. Chez les jeunes spécimens, les lèvres du cloaque sont en quelque sorte extroversées et forment un bourrelet autour du clitoris, de la vulve et de l'anus ; cette disposition disparaît à l'âge adulte.

Chez le mâle, le pénis est pendant ; l'on sait que Linné, se basant sur ce caractère, a rapproché les Cheiroptères des Primates. Il y a un petit osselet arrondi dans le gland. Les testicules sont extra-abdominaux, le canal vagino-péritonéal restant ouvert.

Chez les *Microcheiroptères*, les organes génitaux se présentent sous deux types extrêmement différents.

Dans les femelles du premier type, les organes génitaux externes ont le même aspect que chez les Mégacheiroptères : la vulve est une fente transversale surmontée d'un clitoris aplati. Quant à l'utérus, il est de forme excessivement variable. On trouve en effet dans ce type toutes les transitions depuis l'utérus complètement double jusqu'à l'utérus simple, dépourvu même de cornes. Dans les femelles du second type, les organes génitaux externes ont un aspect totalement différent du précédent et qui rappelle, d'une façon curieuse, celui des Primates : la vulve est allongée dans le sens antéro-postérieur ; le clitoris de même. Il y a un mont de Vénus et une ébauche de grandes lèvres ; le pubis est surmonté de nombreux poils. L'utérus est toujours simple ; c'est à peine si, chez quelques formes, il présente deux cornes peu marquées.

Chez le mâle, les organes génitaux externes sont identiques pour tous les Microcheiroptères : le pénis est pendant et le gland contient un ossicule allongé. Mais, pour les organes génitaux internes, deux types encore se retrouvent. Dans le premier, les vésicules séminales sont grandes et multilobées, la prostate entoure l'urèthre ; dans le second, les vésicules sont réduites et simples, et la prostate est tout entière en arrière de l'urèthre. Enfin, chez la majorité des Microcheiroptères du premier type, le scrotum est postanal, tandis qu'il est préanal chez ceux du second.

Le second type s'observant uniquement chez les

1. *Journal of Anatomy*, 1916.

Phyllostomatidæ, J. Wood Jones se demande si les Microcheiroptères ne constitueraient pas un groupe diphylétique. Il serait possible, d'après lui, que différents Mammifères primitifs aient évolué en Mammifères volants : malgré leur origine différente, les produits de cette évolution seraient devenus extraordinairement semblables par suite de leur spécialisation convergente vers un mode de vie identique. Les *Phyllostomatidæ* seraient le résultat de l'évolution d'un groupe ayant vécu dans la région néotropicale qui, comme on le sait, est l'habitat exclusif de cette famille de Cheiroptères. Les autres Microcheiroptères auraient évolué parallèlement, aux dépens d'une seconde souche primitive, dans les autres parties du monde. La paléontologie ne confirme ni ne dément cette hypothèse. L'anatomie comparée, encore très peu avancée, de cet ordre, montrera si elle est fondée.

En ce qui concerne leurs rapports zoologiques, les *Phyllostomatidæ* se montrent, d'une façon incontestable, beaucoup plus près des Primates que tous les autres Microcheiroptères. On est alors en droit de supposer que cette famille s'est adaptée à la vie aérienne postérieurement aux autres, aux dépens de formes qui avaient déjà subi une certaine évolution dans le sens Primate.

Telles sont les conclusions de Wood Jones. Elles s'approchent, par certains côtés, de celles qu'avaient émises Anthony et Vallois dans un mémoire sur l'évolution du type adaptatif des Microcheiroptères. Ces auteurs avaient en effet signalé qu'un Phyllostomatidé, le *Desmodus*, présente, au point de vue squelette et patagium, un ensemble de caractères particuliers remarquables, se retrouvant, à quelques égards aussi, dans la famille des *Molossidæ*; la question de l'origine diphylétique des Microcheiroptères se posait donc déjà.

Il était intéressant d'étudier, à titre comparatif, les organes génitaux du *Galéopithèque*. C'est ce qu'a fait Wood Jones dans un autre mémoire[1]. L'appareil génital de cet animal se rattache au même type que celui des Cheiroptères, des Primates et de certains des Insectivores. C'est le type que l'auteur appelle « Cloaca explicata », caractérisé par une sorte d'extériorisation des parois du cloaque. Entre les dispositions du Galéopithèque et celles des groupes précités, on trouve des ressemblances, mais c'est avec les Cheiroptères que celles-ci sont le mieux marquées. Et le fait saillant, c'est que ces ressemblances sont surtout avec des stades embryonnaires ; en d'autres termes, les organes génitaux du Galéopithèque sont tout à fait comparables aux organes génitaux des fœtus de chauve-souris (utérus double, élargissement transversal de la vulve, présence d'un large pli en arrière de l'anus, etc.); d'autre part, il n'est pas un caractère des organes génitaux du Galéopithèque qui ne se retrouve chez quelque Cheiroptère.

A cette ressemblance, il faut ajouter le fait déjà connu que le patagium du Galéopithèque rappelle celui des embryons de chauve-souris. Faut-il en conclure à des liens de parenté entre le Galéopithèque et les Cheiroptères, ou à la manifestation d'une convergence s'étendant aux divers appareils?

§ 2. — Les systèmes sympathique et paraganglionnaire

A. da Costa[1] a étudié l'évolution du système sympathique et du système paraganglionnaire chez les Cheiroptères. Les cordons sympathiques apparaissent très précocement sous la forme de traînées syncytiales le long de la face dorsale des deux aortes. Au cours du développement, les cellules, primitivement toutes semblables, se différencient en cellules sympathiques proprement dites et cellules paraganglionnaires. Celles-ci sont beaucoup plus volumineuses que celles-là, et leur ensemble forme un système paraganglionnaire particulièrement puissant : à un certain moment, son épaisseur, au cou, dépasse celle de la trachée ou de l'œsophage. Par la suite, les choses se modifient et les ganglions sympathiques, se différenciant, acquièrent leur structure caractéristique, tandis que les paraganglions cessent de progresser; seul le paraganglion surrénal reste volumineux.

Le point qui ressort le plus nettement de ces recherches, c'est le développement extraordinaire du système chromaffine chez les Cheiroptères, fait dont on ne peut saisir la signification.

§ 3. — Les caractères d'adaptation chez les Cheiroptères

Notre mémoire de 1913 sur le type adaptatif primitif des Microcheiroptères[2] a suscité en ces dernières années une série d'études de M. P. Revilliod[3]

1. *Journal of Anatomy*, 1916.

1. *C. r. Soc. Biologie*, 1918, et *Mémoires de la Soc. portugaise des Sc. natur.*, t. IV, 1917.

2. Anthony et Vallois : *International Monatsschrift für Anat. und Physiol.*, t. XXX, 1913.

3. M. P. Revilliod a publié en outre divers travaux de systématique d'un grand intérêt sur les Microcheiroptères actuels et fossiles et sur l'ostéologie des Cheiroptères fossiles des terrains tertiaires (*Actes de la Société helvétique des Sciences naturelles*, 1915. — *Abhandl. d geolog. Landesanstalt zu Darmstadt*, 1917. — *Société paléontologique suisse*, 1917), où il consigne les principales idées qu'il développe dans le mémoire dont nous allons donner le compte rendu.

C'est dans le Lutétien inférieur qu'on rencontre les plus

et de M. F. de Fenis, le premier s'étant surtout attaché à l'examen de l'adaptation au vol des membres antérieurs, et le second exclusivement à celui de l'adaptation des membres postérieurs à la suspension arboricole.

Les conclusions de notre mémoire de 1913, qui concernait surtout les *Molossidæ* et plus particulièrement le *Cheiromeles torquatus*, étaient que ces animaux pouvaient à tous égards nous donner une idée approximative du type morphologique primitif des Microcheiroptères. Les *Molossidæ* nous paraissent en effet être, d'une part, les plus primitifs des Microcheiroptères quant à la morphologie de leurs membres postérieurs, qui présentent un type d'adaptation à la préhension arboricole voisin de celui qui caractérise les Marsupiaux pédimanes par exemple, et, d'autre part, les moins évolués d'entre eux quant aux caractères d'adaptation de leurs membres antérieurs dans le sens de la locomotion aérienne.

P. Revilliod, qui déclare se rallier complètement à la première partie de nos conclusions, en rejette au contraire la seconde et s'attache à la réfuter dans un très intéressant et très savant mémoire paru en 1916 [1].

L'étroitesse indiscutée de l'aile des *Molossidæ*, surtout due, comme nous l'avons établi, à la brièveté du 5e doigt [2], serait pour lui non un signe d'infériorité dans l'adaptation à la locomotion aérienne, mais au contraire un caractère de spécialisation extrême.

Ce qui sépare P. Revilliod d'Anthony et Vallois est surtout une question de mots, et par conséquent, il ne faut pas s'y tromper, une question des plus difficiles et des plus délicates à résoudre, une question aussi des plus importantes, car, comme on l'a dit, la science n'est qu'une langue bien faite, et, quand on s'entend sur les termes, on est bien prêt de s'entendre sur le fond. S'agit-il de savoir si l'appareil patagial des *Molossidæ* permet, de par sa constitution et ses détails anatomiques, un vol moins ou plus rapide, moins ou plus assuré, moins ou plus soutenu, etc., que celui des autres Microcheiroptères, ou bien s'agit-il de savoir si l'appareil patagial des *Molossidæ* représente ou non, de par sa constitution et ses détails anatomiques, un stade moins avancé des modifications qu'a dû subir la morphologie de l'ancêtre inconnu des Cheiroptères en devenant un animal volant? A cette dernière question, il semble qu'on peut répondre par l'affirmative, en se basant par exemple sur la brièveté relative encore existante de la plupart des segments du membre antérieur (bras, avant-bras, 5e rayon digité), ainsi que sur le développement encore marqué du cubitus par rapport au radius. Notons toutefois qu'à ceci l'on peut opposer que ces caractères se sont peut-être secondairement développés chez les *Molossidæ*, s'il est vrai que ces animaux ont atteint dans l'exercice du vol une grande spécialisation ; mais à cet argument on peut d'autre part objecter aussi l'irréversibilité de l'évolution.

Si les *Molossidæ* représentent un stade peu avancé des modifications subies par l'ancêtre inconnu des Cheiroptères, il y a toutes chances que leur vol soit physiologiquement peu perfectionné; mais cela n'est pourtant pas nécessaire, car les caractères primitifs de l'extrémité postérieure des *Molossidæ*, ou bien les caractères de moindre spécialisation du membre antérieur de certaines autres Chauves-Souris, peuvent être secondairement acquis. Remarquons enfin que l'on peut concevoir que des modifications de l'appareil patagial subséquentes à celles qui caractérisent les *Molossidæ* ont pu avoir pour résultat, tout en permettant un mode de vol plus adéquat à la manière d'être générale des Microcheiroptères, de nous donner l'impression d'un appareil volant moins perfectionné que celui que nous sommes habitués à considérer comme l'appareil volant par excellence.

Nous savons peu de choses de la physiologie du vol chez les Chauves-Souris, et les documents cinématographiques concernant le Rhinolophe que l'un de nous a exposés cette année même au Salon de la Locomotion aérienne sont les seuls précis, croyons nous, que l'on ait obtenus et dont on puisse faire état actuellement, si l'on néglige un ensemble d'observations superficielles et par cela même sans grand intérêt.

Quoi qu'il en soit, il semble bien que les Microcheiroptères ne soient, dans leur ensemble et comme tous les animaux aériens de petite taille, capables que de vol ramé.

L'aile étroite est sans doute, chez certains Oiseaux voiliers très spécialisés, un indice même de cette spécialisation dans le sens du vol à voile. Mais peut-on dire qu'il en soit de même chez les Oiseaux et les autres Vertébrés rameurs aériens? Voilà ce à quoi on ne peut encore répondre.

---

anciens Cheiroptères et ceux-ci doivent être classés dans deux familles nouvelles, actuellement éteintes. Malgré la présence de quelques caractères primitifs, comme l'existence d'une seule vertèbre sacrée et une remarquable ressemblance des molaires avec celles des *Amphitheriidæ* du Secondaire, il est bien certain que ces fossiles sont des Cheiroptères très nets, très spécialisés à la plupart des points de vue. Il est donc probable que c'est dès l'époque secondaire qu'ont dû se différencier les formes primitives du groupe.

1. P. Revilliod : *Verhandlungen der Naturforschenden Gesellsch. Basel*, Bd XXVII, 1916.

2. Anthony et Vallois : *loco citato*.

Des controverses comme celle-ci engageront peut-être, par les arguments qu'elles opposent, à entreprendre les recherches physiologiques qui seules seront capables de départager les avis.

De 1913 à 1919 M. F. de Fenis a publié sur le membre postérieur des Cheiroptères une série de notes[1] qui ont abouti à la fin de l'année dernière à sa thèse de Doctorat ès Sciences[2].

L'ouvrage de F. de Fenis se prête mal à l'analyse. Il contient, résumés en 136 pages, alors qu'il en eût fallu au moins 400 pour les exposer clairement, un très grand nombre de faits nouveaux, dont quelques-uns sont de la plus grande importance. F. de Fenis a subi les rigueurs du temps et s'est débattu, au moment de l'impression de sa thèse, au milieu de difficultés qu'il n'a pu surmonter qu'en renonçant, momentanément du moins, à la publication de la totalité de ses résultats.

Nous nous bornerons donc à en signaler les principaux, nous réservant d'y revenir lorsque l'auteur leur aura donné le développement qu'ils comportent.

Corroborant d'abord nos conclusions de 1913[3], F. de Fenis établit que le membre postérieur des Molossidés présente tous les caractères d'une évolution encore peu avancée dans le sens de l'adaptation à la suspension arboricole. La cuisse et la jambe des Molossidés sont en effet proportionnellement beaucoup moins allongées que celles des autres Microcheiroptères; plus que chez ces derniers aussi, le pied a conservé chez eux les caractères extérieurs, la constitution squelettique et les proportions d'ensemble et de détails d'un pied marcheur.

La partie la plus importante et toute originale de l'ouvrage est celle que l'auteur consacre à l'étude des modifications osseuses et articulaires subies au cours de l'adaptation à la suspension arboricole par le membre pelvien. On y remarquera notamment l'étude de la disparition progressive des ménisques interarticulaires du genou[4] et celle du redressement du col du fémur et de l'inversion du trochanter chez les Cheiroptères. Ces études, qui ont nécessité de longues et minutieuses recherches sur un matériel considérable (Collections du laboratoire d'Anatomie comparée et du laboratoire de Mammalogie du Muséum d'Histoire naturelle), sont malheureusement présentées d'une façon trop concise pour qu'on en puisse apprécier la valeur.

1. Voir : *C. R. Soc. Biologie*, 18 oct. 1913, 14 et 21 mars 1914 (en collaboration avec E. Retterer). — *Archives de Zoologie expérimentale et générale*, t. LIII (notes et Revue), t. LIV, 1914.

2. Le membre pelvien des Cheiroptères. Ses caractères d'adaptation à la suspension. Paris, E. Larose, 1919.

3. R. Anthony et H. Vallois ; *loco citato*.

4. Voir également *Bull. et Mém. Soc. Anthropologie de Paris*, 1918.

Nous signalerons en terminant que l'un de nous a entrepris en 1919 la publication d'un *Catalogue raisonné et descriptif des collections d'Ostéologie du Service d'Anatomie comparée du Muséum d'Histoire naturelle.* Cet ouvrage, qui vise à être un traité complet et détaillé d'Ostéologie comparée, a déjà été annoncé l'an dernier dans cette Revue[1], et il en a été rendu compte[2]. Il paraît par fascicules. Trois fascicules concernant les Mammifères (Pangolins, Oryctéropes, Tatous du genre *Dasypus*) sont déjà publiés (Paris, Masson).

Enfin, notre devoir d'informateurs nous impose de signaler le grand danger qui menace actuellement, comme beaucoup d'autres parties de la Science sans doute, l'Anatomie comparée. La plupart de nos organes scientifiques français d'Anatomie ont disparu ; ceux qui luttent encore se voient obligés aux plus sévères restrictions. Si un tel état de choses, dont nous n'avons pas à examiner ici les causes profondes ou lointaines, ne cesse dans un avenir très prochain, nous verrons les chercheurs français obligés de restreindre leurs publications ou de renoncer à publier dans leur pays et dans leur langue, les élèves des Facultés des Sciences ne plus pouvoir imprimer leurs thèses, peu à peu la production diminuer et s'éteindre. — Et si partout, dans tous les domaines, les choses se passent ainsi, on prévoit ce qu'en peu de temps deviendront la culture et la science françaises.

R. Anthony, et **H.-V. Vallois,**

Assistant au Muséum d'Histoire naturelle, Professeur à l'Ecole d'Anthropologie.

Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Toulouse.

1. *Rev. gén. des Sc.*, 30 avril 1919, p. 232.

2. *Ibid.*, 15 novembre 1919, p. 632.

BIBLIOGRAPHIE
ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Casalonga (D.), *Ingénieur-conseil.* — **Construction des moteurs à explosion** (Eléments proportionnels). — 1 *vol. in-4° de 40 pages avec 51 planches* (*Prix : 33 fr.*). *Dunod et Pinat, éditeurs, Paris*, 1919.

Le but de cet ouvrage est de fournir au dessinateur dans un bureau d'études, au chercheur, à l'inventeur, à l'ingénieur, un guide d'emploi commode lui permettant de mettre rapidement sur pied un avant-projet, possédant dans ses détails un caractère mécanique et présentant dans son ensemble l'harmonie des formes nécessaire : il aura ainsi une base pour l'adaptation des solutions originales qui sont le but final du chercheur, et sur l'étude desquelles il pourra ainsi concentrer tout son effort. Ces mots, extraits de la préface de l'auteur, font connaître l'objectif qu'il s'est proposé. Il ajoute que son ouvrage est un formulaire dans lequel la formule est développée dans un tableau et illustrée par une figure.

Les pages de texte sont formées de légendes explicatives et de tableaux de dimensions, présentés avec ordre et méthode : les pistons, leurs axes et leurs segments, les bielles, les vilebrequins, les volants, les cylindres, les culasses et les soupapes, les organes de distribution et les cames, tous les principaux organes, en un mot, d'un moteur d'automobile sont dessinés tour à tour avec un grand luxe de détails et une précision géométrique qui seront appréciés de ceux qui consulteront ce livre.

Aimé Witz,
Correspondant de l'Institut.

Rapport sur les travaux exécutés en 1913 par le Service Géographique de l'Armée (*Cahiers du Service Géographique de l'Armée, n° 37*). — 1 *vol in-8° de 87 p. avec 9 fig. et 17 pl. en couleurs. Imprimerie du Service Géographique de l'Armée, Paris*, 1919.

Le Service Géographique de l'Armée a repris la publication de ses rapports sur les travaux exécutés par ses diverses sections. Celui qui vient de paraître concerne les travaux exécutés en 1913.

La Section de Géodésie a continué en Algérie, en Tunisie et au Maroc les travaux concernant la triangulation en vue de la carte et l'exécution des réseaux primordiaux du nivellement de précision. Elle a achevé la base de Blida entreprise en 1912 et la mesure de celle de Laghouat. En France, la triangulation en vue de la carte au 50.000° a été continuée.

La Section a aussi participé aux opérations de la première mesure de la différence de longitude par T. S. F. entre Paris et Washington et a encore contribué à la délimitation des zones française et espagnole au Maroc, tout en poursuivant les travaux de rédaction et de publication relatifs à la Mission de l'Equateur.

On trouvera exposée, dans cette partie du Rapport concernant la Section de Géodésie (pages 45 et suivantes), une méthode de calcul des altitudes en haute montagne (région de l'Oisans), inspirée de celle employée par H. Vallot au Mont-Blanc.

La Section de Topographie a continué en France les levés au 1/10.000 et au 1/20.000. Nous signalons en passant l'emploi qu'elle a fait de la photographie pour le levé de la région inaccessible de l'Oisans commencé en 1911.

Elle a revisé 67 quarts de feuille de la carte au 80.000° et a continué la revision de la carte d'Algérie au 50.000° et les levés au 40.000° et au 100.000° des cartes d'Algérie et de Tunisie, ainsi que les levés au 100.000° et au 200.000° du Maroc.

Quant à la Section de Cartographie, elle a poursuivi ses travaux ordinaires de mise à jour des cartes terminées et l'exécution des cartes en cours de publication.

Le Rapport témoigne ainsi de l'incessante activité dont font preuve les distingués officiers composant le Service Géographique.

L. Potin.

2° Sciences physiques

Hubert (Henry), *Administrateur des Colonies, adjoint à l'Inspecteur général des travaux publics de l'Afrique Occidentale française.* — **L'hivernage de 1918 au Sénégal.** (Extrait du *Bulletin du Comité d'Etudes historiques et scientifiques de l'Afrique Occidentale française*, avril-juin 1919.) — 1 *broch. in-8° de 36 p. avec 1 pl. et 18 fig. Em. Larose, éditeur, Paris*, 1919.

Sous ce titre, M. Henry Hubert, auquel on doit de très nombreux travaux de géologie et de météorologie se rapportant à l'Afrique Occidentale, a donné dans le *Bulletin du Comité d'Etudes historiques et scientifiques de l'Afrique Occidentale française*[1] dont il est un assidu collaborateur, une intéressante étude où il a décrit et expliqué, d'après toutes les observations faites par lui ou qu'il a pu réunir, tous les caractères qu'a présentés au Sénégal en 1918 la saison des pluies et tempêtes.

M. Henry Hubert, ayant été chargé depuis septembre 1917 d'une mission hydrologique au Sénégal, avait eu surtout à étudier les eaux souterraines de la colonie en vue de leur meilleure utilisation, mais cette étude impliquant nécessairement une certaine connaissance de la répartition des précipitations, il avait été amené à entreprendre une nouvelle série de recherches à ce sujet. Des renseignements sur les pluies lui avaient été fournis par 39 stations, mais 19 seulement avaient pu lui en donner pendant toute la durée de l'hiver.

C'est aux grains orageux, ces nuages qui apportent avec eux du vent et de la pluie, que M. Hubert consacre le plus de développement dans son étude, parce que ces grains fournissent le principal appoint des précipitations au Sénégal, et il a pu préciser de très précieuses indications sur leur trajectoire, leur vitesse, leurs types divers, leurs proportions, les pluies qu'ils amènent, les prévisions de ces averses et bien d'autres points encore. Puis, après quelques notions sur les pluies de mousson, il expose tout ce qui concerne les répartitions des précipitations par zones territoriales, selon les époques de l'hivernage et par années. Dans sa conclusion, il fait ressortir tout l'intérêt pratique qu'il y aurait à généraliser des recherches semblables pour l'ensemble de l'Ouest africain.

G. Regelsperger.

Martin (Geoffrey), *D. Sc., Ph. D.* — **Triumphs and Wonders of modern Chemistry.** 1 *vol. petit in-8° de 358 p. avec 76 fig.* (*Prix cart. : 10 sh. 6 d.*). — **Modern Chemistry and its Wonders.** 1 *vol. petit in-8° de 351 p. avec 65 fig.* (*Prix cart. : 10 sh. 6 d.*). *Sampson Law, Marston and Co., Ltd., éditeurs, 100 Southwark Street, London, S. E.*

La Chimie, par les progrès considérables qu'elle a réalisés en ces dernières années et les répercussions étendues de ses découvertes dans le domaine industriel et agricole, est une des sciences qui se prêtent le plus à la vulgarisation de ses résultats à l'usage du public.

M. G. Martin, qui est à la fois un savant compétent et un conférencier écouté, a su éviter les écueils habituels à ce genre d'exposition et rédiger deux ouvrages qui

1. Nous avons précédemment signalé ce *Bulletin* dans la *Revue* du 30 mars 1919.

donneront au lecteur cultivé un bon aperçu « des triomphes et des merveilles de la Chimie moderne ».

Le côté purement scientifique, avec les idées nouvelles sur la constitution de la matière, la classification périodique, le radium et les phénomènes radio-actifs,... y est représenté comme celui des applications techniques : fixation de l'azote de l'air, industrie des explosifs, des pierres précieuses artificielles, du goudron de houille, du pétrole, etc.

L'auteur s'est proposé un double but : éveiller l'intérêt pour les choses de la Chimie dans le public cultivé et tout particulièrement parmi la jeunesse, trop souvent rebutée par un enseignement mal compris, et lui montrer l'importance toujours grandissante de la Chimie dans la Société moderne ; et d'autre part fournir aux professeurs et aux conférenciers toute une série de faits intéressants qui leur permettront d'illustrer leurs exposés souvent trop secs. L'un et l'autre but nous paraissent avoir été atteints.

L. B.

Grard (C.), *Lieutenant-colonel d'Artillerie.* — **L'Acier.** Aviation. Automobilisme. Constructions mécaniques. Sanctions de la Guerre. — 1 *vol. grand in-8° de* 384 *pages avec* 133 *figures et* 25 *pl. hors texte* (*Prix* : 30 *fr.*). *Berger-Levrault, éditeurs,* 5, *rue des Beaux-Arts, Paris,* 1920.

L'important ouvrage du Colonel Grard était terminé en 1914, sous le titre « L'Acier en Aviation », et exposait des connaissances, des principes, des méthodes d'études, qui ont été immédiatement soumises à l'épreuve de l'expérience. Celle-ci a été faite sur une grande échelle, pendant le conflit mondial, sur les diverses qualités d'acier qui ont permis de fournir aux pilotes français et alliés des moteurs résistants pour leurs avions, dont le nombre croissait chaque année d'une façon ininterrompue. Aux aciers au creuset, s'ajoutèrent, depuis 1917, les aciers fabriqués au four électrique. Mais le tonnage nécessaire ne put être obtenu que par les aciers élaborés au four Martin. Ceux-ci ne furent adoptés qu'après des conditions sévères d'homologation, dont les prescriptions sont énumérées dans le présent ouvrage. Il a donc subi une transformation, mais ses directives générales furent confirmées. Des compléments et des mises à jour, des remaniements portant sur des questions nouvellement surgies, et s'étendant jusqu'à septembre 1919, lui ont fait revêtir un caractère plus général, et devenir un traité pratique de l'étude et des essais de réception, physiques et mécaniques, des aciers fins, et des garanties de sécurité qu'ils peuvent présenter. En voici les lignes générales :

Première partie. — Contrôle des métaux. Essais mécaniques divers : traction, dureté (avec un barème utile du nombre Δ de Brinell), fragilité, essais spéciaux et de durée, où des définitions précises forment une bonne introduction à la terminologie constamment employée ensuite. La structure des aciers est ensuite traitée avec quelques notions sommaires de Métallographie, suffisantes pour comprendre et interpréter les nombreux photogrammes métallographiques qui sont insérés dans l'ouvrage.

Deuxième partie. — Forgeage, laminage, matriçage, estampage.

Troisième partie. — Exposé des traitements thermiques, et surtout des règles et principes qui en sont le fondement. Etude intéressante, avec figures de structure, de la surchauffe et de l'écrouissage, avec courbes de variations des propriétés mécaniques.

Quatrième partie. — Sans contredit, la plus importante. Elle est consacrée aux aciers spéciaux et à leurs caractéristiques : aciers binaires au Ni, au Cr, au Tu, au Si, puis aciers ternaires au Ni-Cr et au Cr-Tu.

Cinquième partie. — Elle traite des cahiers des charges et des standardisations aéronautiques française et étrangères, ainsi que de la classification interalliée.

Sixième partie. — Celle-ci, qui termine le volume, est une application typique et détaillée de ce qui précède, à l'étude analytique d'un acier spécial nickel-chrome perlitique, destiné aux vilebrequins de moteurs d'aviation. C'est un excellent exemple qui permet de mettre en évidence la suite des recherches qui s'imposent aux intéressés pour bien connaître le matériel employé, en obtenir le maximum de qualité, et en faire l'usage le plus approprié.

Comme on le voit, le livre du Lieutenant-colonel Grard est un ouvrage essentiellement pratique, moderne, et d'une application méthodique et rationnelle des plus récents progrès de la science des métaux.

A. de Gramont,
Membre de l'Institut.

3° Sciences naturelles

Wheatstone (Sir Charles). — **Contribution à la Physiologie de la Vision.** *Traduit de l'anglais, complété par des Conseils pratiques et des planches d'exercices pour faciliter la vue à l'œil nu du relief des clichés stéréoscopiques, par* Pierre Th. Dufour. — 1 *vol. in-4° de* 87 *p. avec fig. et* 4 *pl. Imprimerie La Concorde, Lausanne,* 1919.

Bien que Wheatstone, l'inventeur du stéréoscope, ait publié des recherches tout à fait fondamentales sur la vision binoculaire, ses travaux sont relativement peu connus [1], et M. P. Dufour, fils de l'oculiste de Lausanne dont le nom est si répandu, a fait œuvre utile en donnant aujourd'hui une traduction française du mémoire de Wheatstone.

Ce mémoire comprend deux parties : dans la première, parue en 1838, l'auteur, après un court historique, décrit son *stéréoscope à miroirs.* Il illustre son travail de figures tracées par les procédés employés en Géométrie descriptive, « science importante, que nous devons, dit-il, au génie de Monge, mais qui est peu étudiée et peu connue dans notre pays ». Il indique les effets singuliers obtenus en plaçant devant l'œil droit la figure qui normalement devrait être placée devant l'œil gauche et inversement, et signale le passage d'une forme géométrique à une autre, quand on examine un stéréogramme. « L'effet semble dépendre entièrement de notre examen mental de la figure qui doit être représentée ou de sa figure réciproque. » Il discute les conditions dans lesquelles peut se produire l'apparente conversion d'un camée en une intaille et d'une intaille en un camée. « Il n'est pas douteux, dans ce cas, que notre jugement est influencé à un haut degré par des circonstances accessoires et que l'intaille ou le relief peuvent se présenter parfois suivant nos connaissances antérieures de la direction dans laquelle les ombres doivent apparaître ; mais la cause principale du phénomène est à chercher dans l'indétermination de jugement qui provient de l'absence de nos moyens les plus parfaits d'appréciation. » Les observateurs au microscope doivent être particulièrement en garde contre des illusions de cette espèce. Raspail, ayant remarqué que la disposition en trémie du cristal de sel marin apparaît, vue au microscope, comme une pyramide en relief, recommandait déjà deux moyens pour corriger cette illusion.

La seconde partie du mémoire de Wheatstone débute par la description d'un appareil permettant de faire varier à volonté et la distance des images à l'observateur et la convergence des axes optiques de ses deux yeux. *La grandeur perçue d'un objet diminue lorsque l'inclinaison des axes grandit, et elle augmente lorsque, l'inclinaison des axes restant constante, la distance de l'objet diminue.* La grandeur des images rétiniennes restant la même, la grandeur apparente de l'objet vu binoculairement varie dans des limites considérables. Wheatstone décrit ensuite un *stéréoscope à réfraction,* puis il parle des applications stéréoscopiques de la

1. Une traduction française de la première partie du mémoire de Wheatstone a paru dans les *Annales de Chimie et de Physique* en mai 1841.

photographie. L'emploi de la photographie lui a permis de réaliser certaines expériences relatives à la vision en relief. Enfin Wheatstone étudie les phénomènes de *renversement du relief*, phénomènes qu'il obtient soit en transposant les stéréogrammes, soit, sans les transposer, en regardant leurs images par réflexion ou en les retournant sens dessus dessous. Grâce au *pseudoscope* qu'il a imaginé, on peut observer des phénomènes analogues en regardant les objets eux-mêmes. Dans l'explication des apparences qui se produisent, il faut faire intervenir les distances des points de l'objet aux yeux, et non les projections de ces distances sur le plan horizontal. Aussi quand on regarde au pseudoscope un objet qui se déplace verticalement dans un plan de front, le phénomène change suivant la hauteur à laquelle se trouve placé l'objet.

L'emploi des images stéréoscopiques présenterait certainement de grands avantages pour l'illustration des ouvrages ou des revues de science et d'art. Si ce mode d'illustration n'est pas plus répandu, cela tient sans doute à ce que, avec les stéréoscopes à réfraction couramment employés, le format des images est imposé à l'avance. Cet inconvénient est supprimé dans les stéréoscopes à miroirs, mais il est encore plus simple de s'habituer à regarder les images stéréoscopiques à l'œil nu. On peut le faire soit en diplopie homonyme, soit en diplopie croisée, mais il faut pour cela un certain apprentissage. M. P. Dufour a complété sa traduction par quelques conseils destinés à faciliter cet apprentissage.

Marcel Dufour,
Professeur à la Faculté de Médecine d'Alger.

4° Sciences médicales

Laroche (Guy). — **Examens de laboratoire du médecin praticien.** *Préface du Prof.* Chauffard. — 1 *vol. in-8° de* 408 *p. avec* 117 *fig.* (*Prix* : 15 *fr.*). *Masson et Cie, éditeurs, Paris*, 1919.

Les examens de laboratoire prennent de plus en plus une importance exceptionnelle dans le diagnostic, et le médecin praticien, surchargé par la clientèle, ne peut que difficilement se tenir au courant des techniques nouvelles. Il ne peut cependant se désintéresser des améliorations apportées chaque jour dans les méthodes scientifiques.

On ne peut, comme le fait remarquer judicieusement le Pr Chauffard, demander à tous les médecins de faire une culture de bacilles pathogènes, ou une réaction de Bordet-Wassermann; mais il est nécessaire que tous puissent faire un prélèvement dans de bonnes conditions et interpréter les renseignements qui leur seront ensuite transmis par le laboratoire. Enfin certains examens peuvent être poursuivis par le médecin lui-même, s'il dispose d'un petit laboratoire et surtout du temps nécessaire, et c'est ici encore qu'un guide sûr lui sera de grande utilité.

Un chapitre qui nous a particulièrement intéressé est celui consacré à la recherche du bacille diphtéritique. Il n'est peut-être pas de diagnostic plus important, non seulement pour le malade lui-même, mais surtout pour l'entourage. Un examen systématique des sujets en contact plus ou moins immédiat avec un diphtéritique suffirait pour supprimer les épidémies. Mais il n'est pas toujours facile d'affirmer la présence du bacille de Lœffler. Les porteurs de bacilles courts doivent-ils être considérés comme dangereux? L'auteur se range nettement parmi les unicistes: pour lui, le terme de bacille pseudo-diphtéritique doit disparaître de la nomenclature. Mais il reste encore le bacille banal de Hoffmann et, malgré tous les caractères différenciels empruntés à Aviragnet, le diagnostic reste incertain.

L'utilité de ces examens de laboratoire va encore trouver une nouvelle application avec la législation sur les maladies professionnelles. Dans le saturnisme, c'est souvent l'étude du sang et la constatation des hématies à granulations basophiles qui seules permettront de conclure au rôle étiologique du plomb dans les affections observées. L'interprétation est souvent difficile, mais ce qui importe surtout, c'est que le médecin puisse adresser au laboratoire compétent une préparation bien faite. — Signalons, pour terminer, le chapitre consacré aux tests qui permettent de mettre en évidence l'insuffisance de telles ou telles fonctions : hépatique, pancréatique, rénale, etc.

J.-P. Langlois.

Laumonier (J.). — **La Colloïdothérapie; résultats cliniques.** — 1 *vol. in-16 de* 282 *p. de la* Collection médicale (*Prix* : 5 *fr.* 50). *F. Alcan, éditeur, Paris*, 1920.

Rassemblant et coordonnant les données acquises sur la médication par les colloïdes, l'auteur expose dans la première partie de son ouvrage la constitution, la structure, le mode d'obtention et les propriétés générales des colloïdes thérapeutiques. Dans la seconde partie, il passe en revue les différents colloïdes usités et, à propos de chacun d'eux, cite leurs indications particulières. Enfin l'auteur envisage le mode d'action — encore si discuté — des colloïdes.

Dr Léon Binet.

5° Sciences diverses

Bordeaux (Louis), *Docteur en droit, docteur ès sciences politiques et économiques, conseiller général de la Haute-Savoie.* — **La Question du Rhône.** Projets d'aménagement du fleuve; navigation; énergie hydraulique; irrigation (*Étude économique, industrielle, financière, historique et juridique*). *Préface de M.* Ed. Herriot. — 1 *vol. in-8° de* 301 *p., avec* 1 *carte,* 8 *photographies hors texte et graphiques* (*Prix* : 15 *fr.*). *Librairie Payot et Cie, Paris*, 1920.

La *Revue générale des Sciences* a consacré récemment plusieurs articles à l'aménagement du Rhône, qui en ont souligné l'extrême importance et l'urgente nécessité. Le projet de loi, qui en autorise la réalisation, a été voté par la Chambre des Députés et se trouve actuellement soumis au Sénat. On annonce, d'autre part, que les enquêteurs officiels, chargés de l'étude des différents projets d'aménagement du Haut Rhône, se seraient prononcés en faveur du barrage unique de Génissiat. Il semble donc que l'on soit près d'aboutir.

Un économiste et un juriste, profitant du grand intérêt d'actualité qui s'attache ainsi au problème du Rhône, vient de lui consacrer une intéressante étude, qui n'est rien moins qu'une encyclopédie de la question, envisagée sous tous ses aspects. M. Louis Bordeaux traite successivement : la législation applicable au Rhône (régime juridique des fleuves et canaux en France et en Suisse); le Rhône actuel aux points de vue physique et économique; l'aménagement du fleuve : son importance dans le trafic international, son intérêt pour la navigation, l'industrie, et l'agriculture, les projets d'aménagement, la question financière. L'auteur a voulu traiter complètement le problème de l'utilisation actuelle d'un fleuve, avec tous les éléments que la science de l'ingénieur permet d'en tirer, et il y a réussi pleinement, en l'éclairant par surcroît de toutes les données fournies par les connaissances juridiques et économiques. Sans être un technicien, il a su résumer et donner un aperçu exact des nombreux projets d'aménagement du fleuve. Il a montré non seulement l'intérêt national du problème au double point de vue de la navigation intérieure et du transport de la houille blanche, mais encore son intérêt international en ce qui concerne nos rapports avec la Suisse et l'Europe centrale, et il n'a pas craint de déborder le cadre de son livre en étudiant les voies navigables des pays voisins et en exposant les liens qui doivent exister entre le Rhône et le Rhin. Une bibliographie des ouvrages essentiels consultés complète l'ouvrage, avec une carte générale des cours d'eau et canaux de la France et de l'Europe centrale, qui comporte — et c'est notre seule critique — quelques erreurs de détail dans le tracé des voies françaises.

Pierre Clerget.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS
Séance du 19 Juillet 1920

1° Sciences physiques. — M. M. **Sanzin** : *Sur la propagation dans l'eau d'oscillations électriques entretenues, et sur la constante diélectrique de l'eau.* Les oscillations hertziennes non amorties, entretenues par une lampe à trois électrodes, donnent lieu à des phénomènes de résonance extrêmement nets, qui permettent d'obtenir, lors des mesures de longueurs d'onde, une très grande précision. L'auteur a utilisé ces oscillations pour la détermination de la constante diélectrique de l'eau et a obtenu, pour l'eau distillée, une valeur égale à 73, à une unité près, chiffre plus faible que la valeur moyenne 80, généralement admise. — M. **C. Zenghelis** : *Nouvelles recherches sur l'action des gaz extrêmement divisés.* En faisant réagir un mélange de CO^2 et d'H à l'état très divisé, sous une légère pression, à la température ordinaire, dans l'eau bouillie exempte d'O, il y a réduction en quelques heures, avec formation d'aldéhyde formique dont la plus grande partie se polymérise en sucre. Cette réaction a lieu à l'obscurité, mais les rayons lumineux, et surtout les rayons ultraviolets, la favorisent beaucoup. — M. **G. Denigès** : *L'acide iodique réactif microchimique caractéristique de l'ammoniac gazeux.* Une gouttelette très minime d'une solution d'acide iodique à 10 %, exposée pendant quelques secondes à peine au-dessus du goulot débouché d'un flacon d'ammoniaque des laboratoires, se recouvre aussitôt d'un enduit de cristaux quadratiques aplatis, agissant sur la lumière polarisée, d'iodate d'ammonium, très facilement reconnaissables au microscope lorsqu'on les y examine après avoir porté la gouttelette sur une lame de verre. La réaction est caractéristique, aucune amine volatile ne la donnant. — M. **J. Cournot** : *Sur le recuit du fer électrolytique.* Une température de 950° après un temps de 2 h., ou de 1.050° après 1 h., est nécessaire pour obtenir le recuit complet du fer électrolytique. A une température d'au plus 850°, le recuit n'est jamais complet, même lorsque la durée de l'opération atteint 4 h. La structure caractéristique de la présence de l'hydrure existe encore après recuit à 650° et 750°, mais elle disparaît après un recuit de 1 h. à 850°, bien que cependant la dureté n'ait pas atteint son minimum. — M. **L. Guillet** : *Quelques nouvelles recherches sur les laitons spéciaux.* On peut faire entrer une certaine quantité de cobalt dans les alliages Cu-Zn, mais les laitons au cobalt ne sont pas supérieurs aux laitons au nickel et ne peuvent intéresser l'industrie. Le chrome ne se dissout que faiblement dans les constituants des laitons, la plus grande partie formant un constituant spécial, probablement du chrome métal, qui diminue la valeur du métal. — MM. **A. Korczynski, W. Mrozinski** et **W. Vielau** : *Nouveaux éléments catalytiques pour la transformation des combinaisons diazotées.* On croyait que seuls les sels de cuivre peuvent déterminer la réaction de Sandmeyer. Les auteurs ont constaté que le cobalt et le nickel et leurs sels sont aptes à remplacer les sels de cuivre. Ainsi le cyanure double de K et Ni détermine facilement la formation des nitriles, tandis que le cobalt est un médiateur parfait pour la transformation de la combinaison diazotée en rhodanure. Dans ce dernier cas, les auteurs ont réussi à séparer la combinaison double du rhodanure de cobalt et de diazobenzène, $[C^6H^5N^2SCN]^2Co[SCN]^2$. — M. **A. Haller** et Mme **Ramart-Lucas** : *Bromhydrines et dérivés bibromés obtenus en partant des alcoylallylacétophénones.* Tandis que les allyldialcoylacétophénones du type $C^6H^5.CO.C(R)(R_1).CH^2.CH:CH^2$ fournissent, avec du brome, des bromhydrines, la méthylallyacétophénone donne, dans les mêmes conditions expérimentales, un dérivé dibromé stable répondant à la formule $C^6H^5.CO.CH(CH^3).CH^2.CHBr.CH^2Br$. — MM. **J. Martinet** et **O. Dornier** : *Sur un nouveau colorant indigoïde, le 5-[dioxy-2 : 4-pyrimidine]-2-indolindigo.* L'alloxane se condense facilement avec l'indoxyle en donnant un colorant indigoïde qui se présente sous la forme d'aiguilles foncées. Sa cuve teint la laine et la soie en héliotrope et a même pour le coton une certaine affinité; le dérivé sulfoné teint directement la laine et la soie en nuances violettes. Le produit de condensation de l'anilide de l'isatine avec l'acide barbiturique, préparé par MM. Félix et Friedlaender, est nettement différent du précédent. — MM. **A. Desgrez** et **J. Meunier** : *Sur l'incinération des matières organiques en vue de l'analyse des éléments minéraux qu'elles contiennent; application à l'analyse du sang.* Les auteurs décrivent une nouvelle méthode d'incinération des substances organiques à température relativement basse, d'une exécution rapide et peu absorbante, qui a l'avantage de ne pas provoquer de réactions des substances minérales entre elles. En l'appliquant au sang de cheval, ils ont pu constater la présence dans ce dernier de Cu, Mn et Li. — M. **B. Guérithault** : *Sur la présence du cuivre dans les plantes et particulièrement dans les matières alimentaires d'origine végétale.* L'auteur a dosé le cuivre dans une cinquantaine de plantes par la méthode classique. Il l'a trouvé constamment, en quantités variant de 8,7 à 63,6 mgr. pour 100 gr. de cendres, et de 1,1 à 17,1 mgr. par kg. de matière fraîche. Les graines se sont montrées particulièrement riches en cuivre.

2° Sciences naturelles. — M. **H. Hubert** : *Nouveaux phénomènes de contact des diabases en Afrique occidentale française.* L'auteur a observé trois groupes de contacts distincts : 1° contacts sans production de minéraux indépendants; 2° contacts avec amas indépendants de magnétite; 3° contacts avec production de silicates. — M. **A. Dehorne** : *Caractères atypiques dans la mitose somatique chez le* Corethra plumicornis. Dans la mitose somatique du *Corethra*, si l'on pratique les numérations de chromosomes à la prophase, et à la fin de la métaphase, on en compte 3; si on le fait au début de la métaphase et à l'anaphase, on en compte 6. Pareil fait ne se produit pas dans les matériels bien connus : Ascaris, Salamandre, Oignon. La présence de paires au début de la métaphase, et surtout pendant l'anaphase, sont des caractères qu'on croyait devoir appartenir en propre à la mitose hétérotypique. — M. **A. Krempf** : *Les dernières phases du développement des organes endodermiques métamérisés de la larve des Anthozoaires et l'achèvement du pharynx.* Chez les Anthozoaires, le complexe entéroïdo-pharyngien tout entier, considéré jusqu'ici comme d'origine ectodermique, doit sa formation à la synthèse oro-dorsale des individualités architectoniques fondamentales désignées par l'auteur sous le nom d'*entérotoxelles* et qui se développent à partir d'ébauches endodermiques disposées, comme tous les organes périodiques de l'embryon des Anthozoaires, en série métamérique oro-aborale. — M. **Ed. Chatton** : *La palisporogénèse ou sporogénèse itérative, mode de reproduction spécial à certains Flagellés parasites. Son déterminisme.* Chez les formes palisporogénétiques, le trophozoïte, arrivé à sa taille limite, se scinde en deux éléments hétérodynames : l'un continue de s'accroître et de se nourrir (trophocyte I); l'autre (gonocyte I) forme, par une série de scissions, un grand nombre de sporocytes qui sont évacués dans le milieu extérieur. Le trophocyte I, revenu à sa taille maxima, se scinde de nouveau de la même façon. La palisporogénèse est conditionnée par le parasitisme; c'est l'inanition qui détermine la sporulation. — M. **J. Feytaud** : *Sur les jeunes colonies du Termite lucifuge.* La fondation de colonies

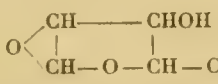
nouvelles par les sexués essaimants est un fait courant chez le Termite lucifuge. Les sexués essaimants peuvent fonder des colonies viables sur les souches de pin de coupe toute fraîche. Deux ans après la fondation, la plupart de ces colonies possèdent encore leur couple royal au milieu d'une population qui dépasse un millier d'individus. Les soldats, largement représentés, y sont relativement beaucoup plus nombreux que dans les colonies anciennes. L'essaimage a lieu pour la première fois à la fin de la 2e année; il est probable qu'il n'est pas renouvelé chaque printemps. Le remplacement des rois et des reines débute avant la fin de la seconde année; à ce moment, le nombre des femelles néoténiques occupant la place d'une reine peut atteindre une quarantaine. Aussi ce remplacement représente un gros élément de prospérité pour la colonie. — MM. **F. Widal, P. Abrami** et **N. Iancovesco** : *L'épreuve de l'hémoclasie digestive dans l'étude de l'insuffisance hépatique.* Les auteurs ont montré (p. 554) que, pendant les premières heures qui suivent l'absorption d'un repas azoté, des substances protéiques incomplètement désintégrées pénètrent de l'intestin dans la veine porte et que le foie exerce, à l'état normal, une action d'arrêt manifeste sur ces substances. L'étude de ce pouvoir protéopexique du foie fournit un moyen d'une extrême sensibilité pour dépister l'insuffisance fonctionnelle de cet organe. Lorsque le foie est altéré, il devient incapable de s'opposer au passage dans la circulation générale des protéides insuffisamment désintégrés, et ce passage se traduit immédiatement par une crise hémoclasique. La recherche de cette crise, après un repas d'épreuve azoté, constitue donc un procédé d'exploration très simple, et en même temps très rigoureux, de l'insuffisance hépatique.

Séance du 26 Juillet 1920

M. le Président annonce le décès de M. **F. Guyon**, membre de la Section de Médecine et Chirurgie.

1° Sciences mathématiques. — M. **G. Bigourdan** : *Un moyen économique d'utiliser la force des marées.* L'auteur propose l'emploi d'une cloche fixe ayant son ouverture en bas, et placée de manière à être remplie graduellement par l'eau de la mer montante : l'air emprisonné dans la cloche va être comprimé, d'où résultera une force utilisable. Ensuite, quand la mer descendra, il y aura une aspiration d'air, ce qui pourra être utilisé encore pour élever de l'eau. — M. **A. Perot** : *Comparaison des longueurs d'onde d'une raie de bande du cyanogène dans la lumière du Soleil et dans celle d'une source terrestre.* Einstein a annoncé que, d'après la théorie de la relativité généralisée, le rapport des périodes ou des longueurs d'onde d'une raie d'un corps, émise par une source solaire et par une source terrestre, devait être égal à $1 + 2.10^{-6}$. L'auteur a essayé de vérifier cette conséquence sur la tête de la deuxième bande du cyanogène, de longueur d'onde 4197 A. La longueur d'onde solaire s'est montrée plus grande que la longueur d'onde terrestre; leur différence corrigée est de $(1,6 \pm 0,3).10^{-6}$. — M. **A. Schaumasse** : *Découverte et observations de la comète 1920 b.* L'auteur a découvert dans la nuit du 18 juillet, à l'Observatoire de Nice, une comète de grandeur 11-11,5, sous forme de nébulosité diffuse de 2',5 d'étendue. Cette comète, d'abord considérée comme nouvelle, est probablement identique à la seconde comète périodique de Tempel.

2° Sciences physiques. — M. **R. Dongier** : *Sur le récepteur téléphonique auto-détecteur pointe-cristal ou pointe-métal.* L'auteur pense qu'un courant variable provoque deux effets distincts au contact des corps qu'il traverse. Le premier, qu'on pourrait appeler *effet de résonance*, détermine une action élastique dont la grandeur est liée à l'énergie mise en jeu. C'est ce phénomène qui donne au récepteur de l'auteur les propriétés du récepteur téléphonique ordinaire. Le second, qu'on pourrait appeler *effet rectifiant*, est caractérisé par un afflux positif de la pointe au métal, ou, dans les cas de grandes énergies, de la pointe à la galène. — M. **F. Michaud** : *Correspondance des corps à l'état solide.* L'auteur montre que la loi de Dulong et Petit n'est exacte qu'à condition de prendre les corps dans des états *correspondants*, — dans le nouveau sens qu'il donne à ce mot, — c'est-à-dire à des températures absolues proportionnelles aux températures T_M. L'exactitude approchée de la loi de Dulong et Petit aux températures élevées est due à ce que les chaleurs spécifiques sont alors presque constantes. Les courbes donnant le produit C.A en fonction de T coïncident dans toute leur longueur si l'on prend pour chaque corps, comme unité spécifique pour les abscisses, la température T_M. Il résulte de ce qui précède que les entropies atomiques, à des températures proportionnelles aux températures T_M, sont égales. — MM. **Amé Pictet** et **P. Castan** : *Sur la glucosane.* Les auteurs ont préparé à l'état chimiquement pur et cristallisé la glucosane obtenue en 1860 par Gélis à l'état impur et amorphe, par chauffage du glucose à 170°. Pour cela, il suffit de chauffer à 150°-155° sous pression très réduite; on obtient ainsi un corps blanc, F. 108°-109°, de formule $C^6H^{10}O^5$, très soluble dans l'eau, assez dans l'alcool méthylique; il forme des produits d'addition avec les corps les plus divers. Sa formule de constitution paraît être :



— M. **A. Mailhe** : *Sur l'hydratation catalytique des nitriles.* L'auteur a constaté que les nitriles subissent l'hydratation catalytique par la vapeur d'eau au contact de thorine ou d'alumine chauffées vers 420°, en se transformant en acides : $RCN + 2H^2O = RCO^2H + NH^3$. Cette réaction a été réalisée avec le benzonitrile, les nitriles *m*- et *p*-toluiques, naphtoïque β, phénylacétique, caproïque. — MM. **L. Maquenne** et **E. Demoussy** : *Sur la toxicité du fer et les propriétés antitoxiques du cuivre vis-à-vis des sels ferreux.* Les auteurs ont reconnu que les sels ferreux sont éminemment toxiques pour les plantes, tandis que les sels ferriques le sont beaucoup moins. Toute circonstance facilitant l'oxydation des premiers (chaulage, addition de phosphate) diminuera donc leur toxicité. Le cuivre, en particulier, en accélérant fortement la vitesse de transformation des sels ferreux en sels ferriques, exerce une véritable influence antitoxique vis-à-vis du fer.

3° Sciences naturelles. M. **Ch. Depéret** : *Essai de coordination chronologique générale des temps quaternaires.* L'auteur a essayé de paralléliser les étages quaternaires de la Méditerranée avec ceux des Iles Britanniques. C'est ainsi qu'il met sur le même niveau : la régression présicilienne avec le Forest-bed (ligne de rivage de 6-8 m.); l'étage sicilien avec les argiles à *Yoldia myalis* du Norfolk (ligne de rivage de 90-100 m.); la régression prémilazzienne avec les plages préglaciaires de Sewerby, de Gower et d'Irlande (ligne de rivage de 4-8 m.); l'étage milazzien avec la glaciation saxonienne-mindélienne; l'étage tyrrhénien avec les graviers marins interglaciaires du Holderness, Yarmouth, Speeton, etc. (ligne de rivage de 30 m. du Sussex) et la terrasse marine de 100 pieds (Ecosse) (glaciation polonienne-rissienne); enfin l'étage monastirien avec la glaciation des Highlands (Würmien) et la terrasse marine de 50 pieds (Ecosse, Manche). Si l'on accepte cette coordination, toute l'histoire quaternaire des Iles Britanniques s'explique sans être obligé d'invoquer le moindre mouvement du sol, ni épirogénique, ni même isostasique. — M. **L. Blaringhem** : *Hérédité et nature de la pélorie de* Digitalis purpurea *L.* La pélorie de *Digitalis purpurea* est un cas extrême de fascie régularisée et héréditaire; dans son croisement avec la *D. purpurea* sauvage, la grappe normale domine la fascie avec retours partiels et gradués sur les descendants de 2e et de 3e générations. La stérilité partielle d'individus ou de fleurs a été notée. — M. **R. Souèges** : *Embryogénie des Composées. Les premiers stades du développement de l'embryon chez le* Senecio

vulgaris *L.* L'embryon du *Senecio vulgaris* s'édifie, dans les premiers stades, selon les lois théoriques qui président aux segmentations du proembryon chez les Angiospermes. L'histoire de son développement reproduit presque exactement celle de l'*Helianthus*. Elle confirme, en même temps, les faits essentiels de l'embryogénie des Composées : 1° la non-formation des octants; 2° l'édification de l'hypocotyle aux dépens de la cellule basale du pro-embryon bicellulaire. — M. **F. Chifflot** : *Sur les canaux excréteurs gommifères des racines de Cycadacées, et plus particulièrement ceux du* Stangeria paradoxa *T. Moore*. De tous les genres de Cycadacées, seul le genre *Stangeria*, avec l'espèce *S. paradoxa*, possède des canaux sécréteurs gommifères dans toutes les parties de son système radiculaire, sauf dans les très jeunes radicelles et dans les racines coralloïdes. Ces canaux, anastomosés ou non, sont toujours endocèles. Ils se forment par voie schizogène; mais, dans les racines âgées, ils deviennent schizo-lysigènes. — M. **Em. Perrot** : *Notes biologiques sur les Acacias fournisseurs de gomme, dite arabique, au Soudan égyptien*. Dans ce pays, l'exsudation de la gomme est favorisée par l'enlèvement de lambeaux étroits d'écorce sur le tronc; la gomme n'apparaît à l'extérieur que pendant la période de plus forte sécheresse, de décembre à avril, où elle est récoltée tous les 5 à 6 jours. La formation de la gomme doit avoir pour principal objet, par suite de la difficulté avec laquelle elle abandonne son eau, de conserver à la plante la quantité d'eau de constitution nécessaire à sa végétation pendant cette période de sécheresse extrême. — M. **H. Ricome** : *Action de la pesanteur sur les végétaux*. L'auteur tire de ses expériences sur les tiges et les racines fendues les conclusions suivantes : 1° Qu'il s'agisse de la tige ou de la racine, le changement d'orientation, en créant de nouvelles conditions intra- et extra-cellulaires, modifie le cloisonnement des cellules dans le méristème apical ou subapical de façon que le sommet de l'organe tend à s'infléchir vers le bas; il modifie le mode de croissance des cellules dans la région d'élongation qui tend à s'infléchir vers le haut. 2° L'opposition si remarquable entre le géotropisme de la tige et celui de la racine paraît tenir au fait que la région d'élongation est très courte dans la racine, très longue dans la tige. L'effet de la pesanteur se manifeste extérieurement dans la racine sur la région des cloisonnements (le sommet), dans la tige sur la région d'élongation (les entrenœuds); il en résulte l'orientation verticale descendante de la racine, verticale ascendante de la tige. 3° Rien n'établit que les organes des végétaux soient doués d'une faculté de perception de la pesanteur. — M. **L. Emberger** : *Etude cytologique de la Sélaginelle*. Il existe chez les Sélaginelles : 1° des plastes, dont un seul persiste dans la spore, et une autre variété de mitochondrie sous forme de grains, de bâtonnets ou de chondriocontes; 2° des microsomes de nature graisseuse ou lipoïde; 3° un appareil vacuolaire renfermant une substance de constitution inconnue n'ayant aucune relation avec la métachromatine des champignons. — M. **A. Guilliermond** : *Nouvelles observations cytologiques sur le* Saprolegnia. Il y a lieu de distinguer dans le *Saprolegnia* : 1° un chondriome, nettement caractérisé et semblable à celui des autres végétaux et des animaux; 2° de petits globules graisseux; 3° un système vacuolaire rempli d'une substance douée d'un pouvoir électif vis-à-vis des colorants vitaux, mais qui ne présente pas les caractères de la métachromatine. — MM. **G. Truffaut** et **N. Bezssonoff** : *Etude comparée sur la microflore et la teneur en azote des terres partiellement stérilisées par le sulfure de calcium*. En employant une dose forte du mélange sulfure de calcium-carbures aromatiques dans des cultures en pots poreux où les oxydations sont constantes, ce milieu aérobie favorise les pertes d'azote ammoniacal par diffusion et est défavorable au développement continu des races bactériennes anaérobies telles que le *Bacillus butyricus*. Quand, dans les mêmes conditions, les mêmes terres, toujours contenues en vases poreux, portent des plantes, on constate que les pertes d'azote sont plus faibles. Dans les conditions de cultures en pleine terre, et en employant une quantité maxima de 150 kg. de sulfure de calcium à l'hectare, on constate que, malgré une forte exportation d'azote, la terre ne s'est pas appauvrie de cet élément. — M. **Aug. Lumière** : *Les vitamines sont-elles nécessaires au développement des végétaux?* Les vitamines sont des substances indispensables à la vie, ne pouvant pas être remplacées par des composés chimiques définis, précipitables par l'acide phosphotungstique et les réactifs des alcaloïdes; elles sont retenues par filtration sur la terre à foulon et détruites par la chaleur. Or aucune de ces propriétés ne se retrouve dans les substances qui sont susceptibles d'améliorer, pour les végétaux, les qualités nutritives des milieux pauvres. Ces substances ne semblent donc pouvoir être assimilées aux vitamines, dont elles ne possèdent aucune des propriétés caractéristiques. — MM. **E. Fauré-Frémiet**, **J. Dragoiu** et Mlle **du Vivier de Streel** : *La croissance du poumon fœtal chez le mouton et les variations concomitantes de sa composition*. La teneur du tissu pulmonaire en eau, glycogène et lipoïdes varie continuellement pendant la vie fœtale. L'augmentation de la masse pulmonaire dans l'unité de temps passe par un maximum pendant la 14e semaine; il en est de même pour l'augmentation de la quantité totale des acides gras. — M. **J. Nageotte** : *Ostéogénèse dans les greffes d'os mort*. Pour interpréter correctement les résultats observés à la suite de l'introduction d'un greffon osseux dans une région quelconque, il faut tenir compte : 1° des qualités propres du greffon, en tant que substance capable de provoquer à son contact la métaplasie du tissu conjonctif en os; 2° des changements que l'introduction du greffon peut amener dans l'équilibre des tissus de l'hôte. Quelle que soit exactement la nature de ces changements, ils peuvent se traduire par une ostéogénèse, qui vient s'ajouter à l'ostéogénèse due aux qualités spécifiques de la substance greffée. — MM. **F. Widal**, **P. Abrami** et **N. Iancovesco** : *L'épreuve de l'hémoclasie digestive et l'hépatisme latent*. L'étude de divers cas a permis aux auteurs de constater qu'au cours de troubles hépatiques légers on peut observer une dissociation entre l'insuffisance protéopexique et les autres insuffisances fonctionnelles du foie, et que la première peut encore déceler des altérations hépatiques qui ne se traduisent par aucun autre symptôme (hépatisme latent). — MM. **A. H. Roffo** et **P. Girard** : *Effets de l'osmose électrique sur les tumeurs cancéreuses des rats*. Dans l'endosmose électrique de tissus vivants et irrigués, comme les tumeurs épithéliales, les cellules de ces tissus participent au processus endosmotique. Lorsque, à la faveur de ces endosmoses, on peut faire franchir les parois des cellules à des éléments toxiques pour leur protoplasme, les effets de destruction observés sont particulièrement intenses. — M. **A. Trillat** : *Influence de la présence de traces infinitésimales de substances nutritives dans l'humidité de l'air sur la contagion*. Le rôle favorisant de l'humidité dans la transmission des épidémies par les gouttelettes microbiennes est encore augmenté quand cette humidité renferme des aliments solides et gazeux. Or, cette circonstance se présente dans une foule de cas, notamment quand l'air est souillé par les produits gazeux de la respiration.

Séance du 2 Août 1920

M. le Président annonce le décès de M. **A. Gauthier**, membre de l'Académie.

1° Sciences mathématiques. — M. **R. Jarry-Desloges** : *Contribution à l'étude des images télescopiques*. En France et en Algérie, au-dessus de 500 m., les images télescopiques paraissent en général plus ondulantes que dans les basses couches de l'atmosphère; par contre, la netteté et le nombre des détails planétaires aperçus dans les premières stations sont incomparablement supérieurs. Les stations algériennes de haute altitude sont préférables aux stations françaises d'altitude comparable, parce que le ciel y est plus souvent

serein. — M. **P. Ditisheim** : *Détermination de la différence de longitude Greenwich-Paris par transport du temps en avion.* Les expériences ont été faites au moyen d'un groupe de 12 chronomètres de bord, qui ont été transportés à plusieurs reprises par avion de l'Observatoire de Greenwich à celui de Paris et *vice versa*. La moyenne générale des 61 opérations effectuées donne comme différence de longitude $9^m 20^s,947 \pm 0^s,027$, valeur qui ne diffère que de 5 millièmes de seconde de celle obtenue par les signaux télégraphiques ordinaires ($9^m 20^s,952$). La méthode est donc très précise et pourra servir dans les cas où l'on ne pourrait utiliser la t.s.f.

2° Sciences physiques. — M. **J. Villey** : *Sur l'application de la méthode de Righi à la discussion de l'expérience de Michelson.* La méthode de calcul de Righi, appliquée à l'expérience de Michelson dans l'hypothèse d'un éther mécanique immobile propageant d'une façon isotrope les perturbations lumineuses, conduit bien à prévoir un effet de translation relative des deux ondes (sans compensation par un autre effet géométrique simultané), qui devrait donner des déplacements appréciables de franges. Le résultat négatif de l'expérience de Michelson amène donc bien, soit à abandonner, avec Einstein, la notion d'éther élastique comme contradictoire avec les faits, soit à attribuer à l'éther, avec Sagnac, des propriétés autres (au point de vue de la propagation des ondes) que celles des milieux élastiques, et définies par les résultats mêmes des expériences de Michelson et de Sagnac. — M. **G. de Rocasolano** : *Sur le vieillissement des catalyseurs colloïdaux (platine, palladium).* Il se produit, dans les colloïdes catalyseurs, une évolution qui commence par un accroissement de leur activité, atteint un maximum, puis se continue par une diminution très lente dont l'auteur n'a pu déterminer le terme. Cette évolution est commune aux colloïdes organiques aussi complexes que l'invertase et aux colloïdes inorganiques très simples que sont les électrosols de platine ou les hydrosols de palladium, et elle correspond peut-être à un phénomène très général. — M. **E. Toporescu** : *Sur l'entraînement de l'oxyde de cuivre et de l'oxyde de nickel par les précipités d'oxyde ferrique.* L'entraînement de l'oxyde de cuivre par l'oxyde de fer va toujours en augmentant avec la concentration du second sel, quand la concentration de l'un des deux reste constante. Tous les moyens employés pour séparer l'oxyde de cuivre entraîné ont été insuffisants. Pour une concentration fixe en oxyde de fer, les entraînements de l'oxyde de nickel vont en augmentant et ne tendent pas vers une limite fixe. — M. **H. Colin** : *Sucre cristallisable et acides libres chez les végétaux.* Tous les sucs de plantes ont un pouvoir hydrolysant inférieur à celui que laisserait supposer leur concentration en acide libre ; cela tient à la présence de sels alcalins de ces acides, qui gênent d'autant plus l'action hydrolysante que l'acide est plus faible. C'est pourquoi le saccharose peut subsister dans certains fruits en présence d'acides.

3° Sciences naturelles. — MM. **Ch. Depéret** et **P. Mazeran** : *Sur la Bresse chalonaise et ses terrasses quaternaires.* Les auteurs ont retrouvé sur la rive droite de la Saône, comme dans la vallée de la Dheune, trois terrasses de 15-20 m., de 30 m. et de 60 m., qui sont les niveaux classiques des terrasses quaternaires, et une terrasse pliocène de 130 m., qui représente le niveau probable du remblaiement général de la vallée de la Saône à l'époque du Pliocène supérieur. — MM. **L. Mayet**, **P. Nugue** et **J. Dareste de la Chavanne** : *Découverte d'un squelette* d'Elephas planifrons *Falconer dans les sables de Chagny.* Les auteurs ont découvert dans les sables de Chagny (début du Pliocène supérieur) des ossements se rapportant à une espèce non encore identifiée parmi les éléphants pliocènes de l'Europe occidentale : *Elephas planifrons* Falconer. Il faut donc considérer la migration des éléphants venus d'Asie en Europe à l'extrême début du Pliocène supérieur comme comprenant les représentants de deux rameaux phylétiques parallèles, ayant d'évidentes affinités et peut-être même fusionnés à la base : un rameau arrivé à son terme et qui ne dépassa guère le Villafranchien, celui de l'*Elephas planifrons* ; un rameau plus jeune, ayant encore une certaine carrière évolutive à parcourir, celui de l'*Elephas meridionalis*. — MM. **R. Anthony** et **J. Liouville** : *Les caractères d'adaptation du rein du phoque de Ross* (Ommatophoca Rossi *Gray*) *aux conditions de la vie aquatique.* Le rein du phoque de Ross présente le maximum de caractères de spécialisation, en rapport avec la vie dans les eaux, qu'on rencontre chez les Pinnipèdes. Il est assez comparable au rein des Cétacés de type primitif, tels le *Mesoplodon* par exemple, dont, tout au moins, la dissociation du hile n'est pas aussi complète que chez les Delphinidés. — M. **L. M. Bétancès** : *Sur l'existence de plaquettes chez* l'Astacus fluviatilis. L'auteur a trouvé dans le sang de ce Crustacé des microcellules qui lui paraissent identiques, morphologiquement, aux thrombocytes des Vertébrés. Ces éléments sont très fragiles et se déforment facilement ; ils sont doués d'un fort pouvoir agglutinant. — M. **J. Danysz** et Mme **St. Danysz** : *Atténuation des effets pathogènes de certains microbes par des mélanges avec les mêmes microbes morts.* Des souris résistent à l'ingestion d'une dose beaucoup plus forte que la dose mortelle de bacilles paratyphiques lorsque ceux-ci sont accompagnés d'une certaine quantité de microbes morts. Les auteurs montrent que, dans ce cas, le processus de vaccination par les microbes morts est plus rapide que le processus pathogène par les microbes vivants.

Séance du 9 Août 1920

M. le Président annonce le décès de M. **P. Morat**, correspondant pour la Section de Médecine et de Chirurgie.

1° Sciences mathématiques. — M. **Ch. Frémont** : *Cause de la fréquence des ruptures de rails dans leurs extrémités éclissées.* Le choc de la roue des wagons, beaucoup plus intense au joint éclissé qu'en plein rail, par suite d'une plus grande flexion élastique, produit une plus grande quantité de travail, dont la distribution, au lieu d'être répartie également, est localisée sur des portions de volume restreint ; l'effort par unité élémentaire est ainsi beaucoup plus élevé et dépasse localement la limite d'élasticité. — M. **J. Rey** : *Sur l'expérience de Perrot relative au mouvement de rotation de la Terre.* D'après Perrot, lorsque, à partir d'un état de repos initial, un liquide s'écoule par un orifice pratiqué en mince paroi au centre du fond d'un récipient cylindrique, la masse liquide prend un mouvement giratoire conformément aux conséquences théoriques de la rotation terrestre. Laroque a formellement contesté ce fait, qui est pourtant toujours admis. L'auteur a repris des expériences précises sur la question, et reconnu que le mouvement giratoire n'existe pas ; les trajectoires des molécules superficielles vers l'orifice d'écoulement ont été rigoureusement rectilignes pendant toute la durée de l'aspiration. Les conclusions de Perrot et les déductions qu'on a voulu en tirer en hydraulique fluviale sont donc erronées. — M. **A. Blondel** : *Nouvel appareil optique ou électrique pour la mesure des oscillations de vitesse et des écarts angulaires.* La méthode de l'auteur a pour base l'enregistrement, sur une préparation photographique (film ou papier), entraînée à une vitesse uniforme, des déplacements angulaires d'un disque fixé sur l'arbre de la machine en expérience. Ce résultat est obtenu en mesurant ces déplacements angulaires du disque par le déplacement rectiligne d'un point lumineux. A cet effet, le disque est muni sur son pourtour d'une série de fentes équidistantes, découpées en développantes, qui défilent devant une fente lumineuse fixe disposée tangentiellement au cercle qui a servi de générateur aux développantes.

2° Sciences physiques. — M. **E. Darmois** : *Sur l'influence du molybdate d'ammonium sur le pouvoir rotatoire de l'acide malique.* L'auteur a repris l'étude des mélanges d'acide malique et de molybdate d'ammonium et a réussi à isoler de ces mélanges un composé cristal-

lisé dont le pouvoir rotatoire est suffisant pour expliquer l'accroissement d'activité optique constaté par l'expérience dans ces solutions. — MM. **J. Bougault** et **P. Robin** : *Oxydation catalytique par les corps non saturés (huiles, carbures, etc.)*. Les auteurs ont constaté que beaucoup de corps organiques non saturés (huiles, carbures), tenant en dissolution d'autres corps relativement stables à l'air, provoquent par une sorte d'action catalytique, l'oxydation de ces derniers. Il est utile que le liquide catalyseur dissolve le corps oxydable et ne dissolve pas, ou très peu, le corps oxydé. Les auteurs ont ainsi obtenu : le sulfoxyde de l'ypérite, $SO(CH^2.CH^2Cl)^2$, F. 112°; le sulfoxyde du thiodiglycol, $SO(CH^2.CH^2OH)^2$, F. 111°. — M. et Mme **G. Villedieu** : *De l'action des eaux météoriques sur les dépôts des bouillies cupriques*. Les auteurs ont étudié l'action des eaux météoriques sur le sulfate basique ou l'hydrocarbonate de cuivre, bases des bouillies cupriques. Ils ont reconnu qu'elles n'en dissolvent pas la moindre trace, même de l'ordre du millionième. Il faut en conclure que, dans les bouillies alcalines, ce n'est pas le cuivre soluble qui agit comme toxique vis-à-vis des zoospores du mildiou. — MM. **M. Piettre** et **A. Vila** : *Sur quelques propriétés de la sérine*. La protéine soluble, obtenue par la méthode de séparation des protéines du sérum décrite par les auteurs, et correspondant à la sérine, se différencie nettement de la globuline par ses caractères physiques : solubilité, pouvoir rotatoire ($\alpha_D = 57°$ à $58°$ en solution aqueuse), propriété de se prendre en masse presque solide sous l'action du froid, et par sa composition chimique, notamment par sa teneur en soufre et en chaux.

3° Sciences naturelles. — M. **J. Amar** : *Comment évaluer le rendement des ouvriers?* L'auteur mesure l'activité musculaire par la consommation d'oxygène, ce qui lui a permis de mettre en lumière les faits suivants : 1° Quand un ouvrier effectue une opération professionnelle, sans surmenage, sans effort excessif ou accidentel, sa respiration est régulière, tant pour la ventilation pulmonaire que pour l'aspect des courbes respiratoires. 2° La même opération, imposée à plusieurs ouvriers, révèle des différences de consommation d'oxygène, lesquelles tiennent au degré d'habileté manuelle, au maintien du corps, à l'installation de l'atelier, facteurs qui varient suivant les personnages et les circonstances. En matière d'apprentissage, l'économie respiratoire s'accroît avec le niveau d'instruction des jeunes gens. 3° Toute maladresse dans le travail, toute *simulation* pour manifester un excès de force ou une impotence, se traduisent par un trouble de la ventilation et les irrégularités du graphique. 4° Les athlètes présentent, d'une façon générale, une inspiration plus longue que d'habitude. Elle empiète sur l'expiration; elle montre que l'organisme se pourvoit en oxygène chaque fois au delà de ses besoins, en prévoyance de l'effort possible. — M. **Ch. Lebailly** : *La virulence du lait dans la fièvre aphteuse*. Avant l'apparition d'aucun symptôme de maladie, alors que le santé de l'animal ne paraît nullement altérée, son lait est déjà virulent. Le passage du virus dans le lait est la cause la plus importante de la dispersion de la maladie et de la mort des jeunes animaux. La précaution excellente de faire bouillir le lait destiné aux veaux et aux porcs est généralement prise trop tard. — MM. **E. Alilaire** et **E. Fernbach** : *Quelques observations sur la culture du bacille tuberculeux en milieu non glycériné*. Les bacilles tuberculeux cultivés en milieux non glycérinés, mais renfermant de la gomme arabique, sont beaucoup moins riches en matières grasses, et, par contre, beaucoup plus riches en azote ; leur teneur en ces éléments correspond tout à fait à celle indiquée pour la plupart des microbes pathogènes.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 6 Juillet 1920

M. le Président annonce le décès de M. **J. Bucquoy**, membre de l'Académie.

MM. **M. Letulle** et **Alglave** : *Note sur les pseudotumeurs provoquées par les injections d'huile de vaseline médicamenteuse dans les tissus*. Les injections d'huile de vaseline médicamenteuse sont susceptibles de faire apparaître dans les tissus, à plus ou moins longue échéance, de véritable tumeurs inflammatoires, à évolution lente mais progressive et ininterrompue. Elles peuvent donner lieu à des accidents locaux, dont certains rappellent ceux des abcès ou phlegmons ligneux. Le seul traitement qui leur soit applicable est l'extirpation, toutes les fois qu'elle paraît praticable. Quand les injections ont été multipliées autour d'un point déterminé, l'extension des lésions se continue indéfiniment par les très fines gouttelettes d'huile qui persistent dans les tissus respectés par le bistouri, autour et à distance de la tumeur principale. Les conséquences éloignées de ces injections peuvent être redoutables ; il y a donc lieu de condamner toute injection de toute huile de vaseline médicamenteuse dans les tissus.

Séance du 20 Juillet 1920

M. **L. Camus** : *A propos de la vaccination précoce des nouveau-nés*. Les enfants sont d'autant moins réceptifs à la vaccine qu'ils sont plus jeunes, et, si l'on veut vacciner avec succès les enfants normaux âgés de moins de 3 mois, il faut choisir parmi les vaccins frais ceux qui sont doués de la plus grande activité. — MM. **A. Souques** et **R. Moreau** : *La crise hémo-clasique dans la maladie de Raynaud*. Il semble que, du point de vue humoral comme du point de vue clinique, il y ait au moins deux variétés de maladie de Raynaud : l'une caractérisée par des accès d'asphyxie et de gangrène symétrique, purs et simples; l'autre, vraisemblablement plus rare, compliquée de phénomènes généraux. Dans celle-ci seulement se manifesterait la crise hémoclasique, à laquelle semblent intimement liés les malaises généraux. — M. **A. Robin** : *L'azote albuminoïde dans le sérum du sang des cancéreux*. L'hyperalbuminose sérique est de règle dans le cancer, tandis que l'hypoalbuminose sérique y est plutôt rare et en rapport avec la diminution de l'alimentation, les œdèmes, l'anémie, la cachexie, dont elle peut aider à faire connaître le degré. — M. **S. Costa** : *Sur l'emploi de la formaldéhyde pour la préparation des vaccins inanimés*. L'auteur recommande le formol pour la préparation des vaccins inanimés. Les vaccins ainsi obtenus avec toutes sortes de bactéries ont tous les caractères qu'on peut exiger des bons vaccins : 1° La conservation des corps bactériens y est parfaite et pour ainsi dire sans limite de durée; morphologie, colorabilité et agglutinabilité restent indéfiniment intactes; 2° Expérimentalement, le pouvoir agglutinant et bactériolytique du sérum des animaux préparés se montre élevé, ainsi que le pouvoir immunisant; 3° Chez l'homme, la toxicité de ces vaccins s'est montrée faible, et leur action curative a été marquée.

Séance du 27 Juillet 1920

M. le Président annonce le décès de MM. **F. Guyon** et **A. Gautier**, membres de l'Académie.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 17 Juillet 1920

M. **A. Weber** : *Evolution prolongée de larves d'un Batracien anoure, le* Bombinator igneus, *dans le sac lymphatique dorsal d'adultes de la même espèce*. Les germes de *Bombinator igneus* ont été greffés à un stade qui correspond à la terminaison des phénomènes de la gastrulation. Trois jours après, un rapide examen montre que les larves se développent normalement et se trouvent au stade de la gouttière médullaire. Un mois après l'hôte est sacrifié; on constate qu'il y a eu éclosion de la larve par rupture de sa coque, mais à ce moment une membrane s'est constituée à la surface de la coque qui oppose une barrière presque infranchissable entre l'adulte et la larve, et celle-ci s'est dédifféren-

ciée presque totalement. — M. **L. Blaringhem** : *Variations de la sexualité chez les Composées.* L'auteur attribue à l'hybridation récente entre espèces affines de *Centaurea* les anomalies sexuelles des fleurons, le polymorphisme et l'avortement partiel du pollen et les ornements variés des akènes observés sur des groupes plus ou moins homogènes d'individus ; il n'y peut trouver aucun argument en faveur de l'hypothèse d'une évolution graduée et actuelle de la sexualité des Composées, soutenue par Hildebrand et Mme von Uexkull-Gyllenband. — MM. **P. Carnot, P. Gérard** et **F. Rathery** : *Etude de la zymase de la levure de bière* in vivo. La zymase paraît conserver son pouvoir diastasique *in vivo*, mais celui-ci ne s'exerce que passagèrement, car, après la 5e heure, on voit l'organisme réagir et rétablir à peu près son taux de glucose normal. La grande toxicité de la solution zymasique et la nécessité d'en injecter de grosses quantités pour observer une transformation du glucose, la brièveté de son action en rendent malheureusement le maniement difficile pour un usage thérapeutique. *Etude de la takadiastase* in vivo. Les élévations de la glycémie obtenues par cette diastase ne sont pas assez importantes pour créer une forte glycémie expérimentale durable. — M. **Ed. Retterer** : *L'étoile dentaire du cheval et du bœuf est de l'ivoire au stade précurseur de la carie.* Les dents du cheval et du bœuf continuent à former de l'ivoire, même après que la couche d'odontoblastes a disparu. Ce sont les cellules ordinaires, arrondies ou étoilées, de la papille qui président à cette éburnification. La dentine ainsi édifiée présente quelques-uns des caractères de la dentine secondaire ; elle est traversée en particulier de masses globuleuses ressemblant à des espaces interglobulaires et calcifiés, qui interrompent le trajet des canalicules ; on n'y aperçoit point de cellules. — M. **S. Mikhaïloff** : *L'activité neuropsychique (formation des réflexes associés) est-elle possible sans l'écorce cérébrale?* On admet actuellement que l'arc du réflexe associé ou conditionnel passe par l'écorce cérébrale. L'auteur montre que ce principe n'est pas absolu, car il a pu réaliser chez le *Pagurus striatus* un réflexe associé (excitation tactile et lumière rouge), qui au bout d'une dizaine de jours d'expériences répétées avait acquis une stabilité suffisante. — M. **J. D. Aronson** : *Emploi des matières colorantes pour la recherche des leucocidines.* Les essais de l'auteur lui ayant montré que les leucocytes réduisent le rouge neutre avec beaucoup plus de rapidité et de netteté que les autres matières colorantes, il a substitué ce produit au bleu de méthylène dans la méthode de Neisser et Wechsberg pour la recherche des leucocidines du staphylocoque. — MM. **M. Loeper, Forestier** et **J. Tonnet** : *La parenté des albumines des tumeurs et du sérum des cancéreux prouvée par l'anaphylaxie.* Les auteurs ont attribué l'élévation assez notable du taux des albumines du sérum chez certains cancéreux au passage dans le sérum des albumines de la tumeur. Ils prouvent cette parenté au moyen des réactions anaphylactiques, en opérant avec les albumines précipitées du sérum ou des tumeurs par l'alcool. En employant les unes pour l'injection préparante et les autres pour l'injection déchaînante, on observe dans tous les cas une réaction anaphylactique prononcée.

Séance du 24 Juillet 1920

M. **L. Kepinow** : *Corrélation entre l'action vasodynamique de la pituitrine et celle des surrénales.* L'action vasoconstrictive de la pituitrine à la suite d'une injection intraveineuse faite à un animal (chien) ne se fait sentir que lorsque le fonctionnement des glandes surrénales est intact, et que le produit de leur sécrétion, l'adrénaline, est présent dans le sang. Mais il suffit d'empêcher l'arrivée de l'adrénaline dans le sang, en liant les veines surrénales, pour que cette action vasoconstrictive ne se produise pas. Ces faits indiquent, d'une façon incontestable, l'existence d'une interdépendance fonctionnelle entre l'action vaso-constrictive de la pituitrine et l'action de l'adrénaline.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 18 Juin 1920

M. **G. Sagnac** : *Ether mécanique des ondes et relativité newtonienne de l'énergie totale.* 1. Radiation et espace newtonien. La base expérimentale de la relativité de la radiation d'une source en translation rectiligne et uniforme est le fait de l'immobilité très précise des franges d'interférence dans le système solide de référence S_u de la source lumineuse et de l'interféromètre de Michelson et Morley orienté d'une manière variable par rapport à la vitesse de la Terre sur son orbite. Comme la matière solide de S_u, l'énergie de radiation, objet fondamental de l'observation directe, ne modifie pas sa distribution dans l'espace de référence de la source lumineuse, si nous admettons avec la Mécanique classique l'invariabilité rigoureuse du solide animé d'une vitesse rectiligne et uniforme quelconque de translation euclidienne. En même temps que la longueur réelle d'une division d'une règle solide, la largeur des franges périodiques et la longueur d'onde interférentielle λ qui lui est liée, sont indépendantes de la vitesse u de translation de S. Cependant l'*intuition d'un éther, support immobile des ondes*, a averti qu'autour d'un point lumineux s en mouvement, les ondes liées à l'éther immobile présentent une série de centres équidistants que la source s dépasse constamment, s'excentrant dans ses ondes qu'elle resserre en avant et élargit en arrière. La longueur d'onde dans l'éther immobile est ainsi un vecteur μ (u, α) variable avec la direction, et chaque vitesse u de translation de s est liée mécaniquement à un réseau d'ondes anisotropes. *a) Réalité de l'éther non entraîné et de ses ondes anisotropes*[1]. Bien que ces ondes ne soient pas directement observables comme les rides à la surface de l'eau, la méthode des interférences, incapable de révéler le mouvement dans l'éther d'un interféromètre en *translation*, a pu cependant révéler nettement la *rotation* de vitesse angulaire ω, dans l'éther, d'un *interférographe* S à circuit optique horizontal. L'ondulation qui parcourt ce circuit dans le sens de la rotation mécanique est retardée et, au lieu de la vitesse normale C, présente la vitesse $C - v$ dans S sur chaque élément l du circuit où la vitesse mécanique u a la *composante* radiale, ou $u \cos\alpha$; la longueur d'onde μ est, sur l, inférieure à λ, valeur normale et isotrope dans le système dont la source s_0 est dite *au repos* dans le système de référence universel Σ_0. L'ensemble de tous les champs isotropes d'ondes λ, de vitesse d'onde C, est donc Σ_0 par définition. L'ondulation de sens de parcours inverse sur le *même circuit* a, sur l, la vitesse $(C + v)$ et a une longueur d'onde μ' supérieure à λ. L'interférence de ces deux ondulations révèle le double du retard de phase total $\Sigma \frac{vl}{c\lambda}$ sur le circuit fermé, mesuré à 2 % près par le demi-déplacement des franges. Quand on renverse le sens de la rotation, on double encore le déplacement et l'on peut en déduire la valeur de Σvl ou $2\omega A$, circulation relative de l'éther immobile, qui pour ($C = 4.10^{10}$ cm. : sec.) fait retrouver à 2 % près la valeur géométriquement calculée par ω et A, vitesse angulaire et aire du circuit. On vérifie ainsi l'existence de l'éther immobile circulant à la manière d'un *vent relatif* dans le système tournant, privé de tout repère extérieur, la source s et le récepteur photographique comme toutes les pièces optiques, miroirs et lames, étant liés au même plateau tournant. *b) La première liaison rigoureuse de la matière et de l'énergie avec les ondes, par les interférences.* D'autre part, la valeur de λ, invariable dans l'interféromètre terrestre de Michelson et Morley, doit être supposée rigoureusement indépendante de u et de α. Cette relativité n'est qu'une *loi de moyenne*. Dans un aller et retour, ou dans un circuit fermé quelconque, il y a autant de

1. G. Sagnac : *C. r. Acad. Sc.*, 1913, p. 708 et 1419 ; *Journal de Physique*, mars 1914 ; *Congrès de Bruxelles* de 1910, t. I, p. 217 ; *Le Radium*, 1911, p. 1.

valeurs de la longueur d'onde dans l'éther que de directions α des divers côtés du chemin optique. Le retard total de phase $\sum \frac{\Delta l}{\mu_\alpha}$ sur le circuit est supposé égal à $\frac{\Sigma \Delta l}{\lambda}$ comme si le système était immobile dans Σ_0 (définition expérimentale de λ). La condition géométrique, euclidienne, à laquelle doit satisfaire cette valeur anisotrope de μ_α dans S_u est définie simplement par la *symétrie* autour de l'axe de translation et par l'*homogénéité* qui introduit u par u/C. On trouve la loi générale de relativité de la radiation dans l'espace S_u :

$$\text{(I)} \qquad f(u,\alpha) = \frac{\tau_u}{\tau_0} = \frac{\lambda}{\mu_\alpha} = 1 + F\left(\frac{u}{C}\right)\cos\alpha.$$

C'est la *première liaison* de la relativité (représentée pour le flux d'énergie des franges par l'*invariant* λ) et des ondulations de l'éther dans S_u, représentées par le vecteur anisotrope indéterminé $\mu(u,\alpha)$. L'expérience de rotation nous a averti que F ne se réduit pas à zéro, ni à une constante, mais, à 2 °/₀ près, est u/C, c'est-à-dire définit f égale à $\left(1 + \frac{v}{c}\right)$ à un terme près du second ordre. Mais il est clair que, si l'on conserve cette forme simple $1 + \frac{v}{c}$ comme rigoureuse pour la translation, l'expérience de Michelson est interprétable exactement ainsi; cela revient à admettre que la vitesse radiale v ou $u \cos\alpha$ est seule capable de faire varier la longueur d'onde μ. Cette loi simple et intuitive va être retrouvée rigoureusement par la loi de relativité dans le temps.

2. Radiation et temps newtonien. Bien que l'ondulation anisotrope réelle soit seule entraînée avec le vent d'éther, l'énergie radiante demeurant liée à la source *dans le cas de la translation rectiligne et uniforme*, il est facile, en comparant à l'ondulation et à l'énergie totale de la matière, de tirer (dans le cas, par exemple, des *ondes capillaires à la surface de l'eau*) une loi évidente et indéterminée de *liaison mécanique des ondes de vitesse* V *et de l'énergie de vitesse* U *dans* S_u. *a) Révélation de la seconde liaison mécanique par les battements sinusoïdaux.* La vitesse U est supposée bien déterminée dans une direction α dans S_u. Soit un centre lié à S_u et produisant l'ondulation (μ, V), et soit un second centre qui diffère du premier par une vitesse radiale dv. La vitesse différentielle des deux ondes en battement, qui est $(dV + dv)$ dans S_u, comble la différence $(-d\mu)$ des deux ondes, μ et $\mu + d\mu$, dans un temps Θ qu'il suffit d'évaluer une seconde fois et directement par $\frac{\mu}{U - V}$ pour avoir l'équation cherchée :

$$\text{(II)} \qquad \Theta = \frac{\mu}{U - V} = \frac{-d\mu}{dV + dv};$$

U sera par exemple la vitesse dans S_u des éclairs lumineux apparaissant périodiquement au centre des anneaux d'interférence à l'infini donnés par l'interféromètre de Michelson, quand l'un des deux miroirs se déplace lentement suivant la normale à son plan; le nombre d'ondes contenu dans chaque battement ou éclair étant supposé extrêmement grand, la valeur de la vitesse U de l'énergie totale d'un battement entier, limité à ses deux zéros d'intensité lumineuse, a sa *valeur limite, les petits intervalles finis voisins des zéros étant infranchissables à l'énergie de vitesse finie.* L'équation différentielle est donc rigoureuse pour une vibration sinusoïdale indéfinie, et le battement long ne modifie rien à la vitesse de l'énergie dont il sert d'*indicateur* par son maximum d'intensité efficace, réalisé à la coïncidence des deux ondes. La valeur de f déduite des deux expériences réunies de Michelson et Morley, et de l'interférographe tournant, va être associée à la valeur de g ou N/N_0, rapport des fréquences vibratoires dans S_u et S_0, qu'un raisonnement assez simple permet de déterminer égal à $1 - \frac{u^2}{2c^2}$ en première approximation[1]. L'équation (II) de liaison de l'énergie et des ondes peut s'écrire :

$$\text{(II } bis\text{)} \qquad U = C\frac{dg}{df} + f\frac{dv}{df}$$

et donne C pour vitesse de l'énergie dans S_u, en première approximation. 3. Ether. La *relativité nouvelle dans le temps newtonien est admise comme rigoureuse en remplaçant dans* (II *bis*) U *par* C, et la nouvelle liaison de l'éther et de la matière, jointe à l'équation (I), permet de calculer la *solution unique et rigoureuse du problème ondulatoire du champ de radiation en translation* S_u, newtonien pour la matière et l'énergie dans le temps et l'espace. On trouve, *sans aucune approximation*, précisément les deux formes les plus simples de f et de g reconnues suffisantes déjà pour interpréter à la fois la relativité des interférences et la circulation de l'éther ondulatoire immobile. Maintenant les deux lois sont rigoureusement établies et sont les seules auxquelles puisse satisfaire l'*éther mécaniquement défini dans chaque champ par les deux liaisons* (*newtonienne et ondulatoire*) *de l'énergie totale de radiation et des vibrations* : 1° *dans l'espace* S_u; 2° *dans le temps newtonien.* On a les deux lois fondamentales des champs en translation :

$$f = \frac{\lambda}{\mu(v)} = 1 + \frac{v}{c} = 1 + \frac{u}{c}\cos\alpha. \qquad g = \frac{N(u^2)}{N_0} = 1 - \frac{u^2}{2c^2}.$$

De là on déduit la *théorie rigoureuse* des divers effets du *mouvement relatif de translation* (*aberration, déplacement spectral de Fizeau, effet Fresnel-Fizeau* observé par les interférences dans un tube plein d'eau en écoulement uniforme), effets déjà explicables à l'approximation des expériences par une théorie très simple qui admet la vitesse des ondes dans l'éther constante et égale à C et ne fait pas intervenir de relativité rigoureuse[2]. Les ondes sont dilatées sur l'axe de $u^2/2c^2$ et elles reculent par rapport à l'énergie avec la vitesse $v' = C - V$ où $(V/C = g/f)$. Cette vitesse, pratiquement confondue avec v, représente le remarquable effet de la *transformation de la mécanique des ondes en relativité de l'énergie totale*, c'est-à-dire le *passage, jusqu'ici inconnu, de la mécanique du mouvement dans l'éther à la pure relativité extérieure de la matière et de l'énergie.* C'est l'opposition même de ces deux mécaniques simultanées et liées dans le même champ de radiation en translation qui définit, par le recul des ondes, la vitesse de translation dans Σ_0, système universel des champs isotropes où le recul est nul[3].

1. C'est un raisonnement presque identique à celui qu'a fait H.-A. Lorentz (*Arch. Néerl.*, t. XXI, 1886, p. 103), le premier, pour rectifier l'ancienne interprétation de l'expérience projetée par Michelson, en considérant la direction ($\alpha = \pi/2$).

2. Cette théorie purement ondulatoire et mécanique a été donnée par l'auteur (*Comptes rendus*, t. CXXIX, 1899, p. 818; t. CXLI, 1905, p. 1220. *Congrès de Bruxelles de* 1910, t. I, p. 217).

3. Ce recul est déjà l'origine probable des zones de silence observées par la T. S. F. avec un récepteur redresseur d'ondes (tube à limaille de Branly, valves modernes, etc.) et avec des signaux amortis; la force électrique change de signe à une distance $\frac{1}{2}\lambda\frac{C}{v}$ du poste émetteur et se rétablit à $\lambda\frac{C}{v}$, des deux côtés de ce poste [G. Sagnac : *Comptes rendus*, t. CLXX, 1920, p. 1000; Jackson : *Proc. R. S. London*, vol. LXX, 1902, p. 254].

Le Gérant : Gaston Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

31e ANNÉE Nos 19 15 OCTOBRE 1920

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences, de l'Académie de Médecine

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Sir Norman Lockyer. — L'Astronomie anglaise vient de perdre avec Sir Norman Lockyer un des hommes qui lui ont rendu le plus de services, autant par l'importance de ses découvertes que par l'originalité d'un esprit qui, dans un pays où les chercheurs sont volontiers audacieux, craignait moins que tout autre de battre en brèche les idées dominantes et eut ainsi le mérite d'engager le premier la science dans des voies reconnues longtemps après justes et fécondes.

Plus que beaucoup de ses confrères, même anglais, Lockyer fut un « self-made man ». Né à Rugby en 1836, sa jeunesse n'avait pas connu les Universités où s'acquièrent les grades et les titres. Il avait débuté à Londres, à 21 ans, comme modeste employé au Ministère de la Guerre. Il ne tarda pas du reste à s'y faire remarquer ; mais l'idéal du fonctionnaire ne lui convenait évidemment pas et, dès 1865, enthousiasmé par les découvertes alors récentes de Kirchhoff et Bunsen, il manifestait sa vocation par une étude spectroscopique originale sur les taches du Soleil, publiée l'année suivante par la Société Royale.

Le champ où il s'engageait ainsi était, à l'époque, pour ainsi dire inexploré. L'Astronomie physique, à peine née, venait, il est vrai, de remporter en Angleterre quelques beaux succès, dus notamment à Sir William Huggins, qui resta d'ailleurs toute sa vie l'émule — souvent aussi le contradicteur — de Lockyer. Mais, malgré de telles promesses, cette branche de la science ne devait s'imposer à l'attention générale que bien plus tard. Quant à l'étude du Soleil, qui allait devenir la préoccupation dominante de Lockyer, elle ne faisait que commencer.

Tout de suite, dans ce mémoire de 1866, Lockyer débutait par un trait de génie : il s'y demandait expressément s'il ne serait pas possible de se servir du spectroscope pour *voir en tout temps les protubérances du bord solaire*, ces belles flammes rouges que jusque-là les éclipses avaient seules permis d'apercevoir. Il fallait pour cela obvier au trop grand éclat du fond du ciel : le jeune savant devina que la lumière des protubérances, concentrée sur quelques raies, ne serait pas aussi affaiblie par le spectroscope que celle du ciel, diluée sur l'ensemble du spectre. Son petit appareil n'avait pas la dispersion suffisante : une libéralité académique lui permit enfin d'en acquérir un plus puissant, et le 20 octobre 1868 l'expérience qui devait être le point de départ des beaux travaux spectrohéliographiques d'aujourd'hui réussissait pleinement. Lockyer parvint à obtenir le dessin de quelques protubérances : il y reconnut aussitôt des éruptions locales de l'atmosphère gazeuse qui entoure le Soleil et à laquelle il donna le nom de *chromosphère*.

L'honneur de cette découverte ne lui revint cependant pas tout entier. Vers la même époque — l'histoire a été souvent racontée — notre compatriote Janssen, parti pour observer l'éclipse du 18 août 1868 dans les Indes, y analysait la lumière protubérantielle : il la trouva si vive qu'il pensa la revoir le lendemain en plaçant la fente de son spectroscope tangentiellement au bord solaire. Le succès ayant répondu à son attente, il s'empressa d'en informer l'Académie des Sciences de Paris : la lettre, partie 2 mois avant la communication de Lockyer, arriva peu après et permit à Janssen d'en partager le mérite avec l'astronome anglais.

Une autre découverte sortit de ces belles recherches : celle de l'*hélium*. La raie jaune brillante de ce gaz, observée avec la dispersion convenable, fut reconnue par Lockyer et son collaborateur Frankland nettement distincte des raies D_1 et D_2 du sodium avec lesquelles on la confondait : on l'appela D_3. Le gaz nouveau qu'elle caractérise ne devait être découvert sur la Terre que 27 ans plus tard, par Sir W. Ramsay. D'abord extrait d'un minéral assez rare, la clévéite, il resta longtemps une curiosité : les progrès de nos connaissances sur la constitution de la matière et sur les phénomènes radioactifs ont montré l'immense intérêt de ce corps dont le Soleil nous a appris le premier l'existence et dont l'importance n'est peut-être dépassée dans la Nature que par celle de l'hydrogène. Il se pourrait même que l'hélium joue aussi dans l'industrie de l'avenir le grand rôle que ses propriétés physiques, toutes fort remarquables, semblent lui promettre : on vient en effet d'en découvrir au Canada une abondante source naturelle.

Les premiers travaux de Lockyer avaient vu le jour

dans son petit observatoire privé. Il parvint en 1879 à constituer le « *Solar Physics Committee* », dont il fut bientôt l'âme et qui lui procura, avec des appuis officiels, la jouissance paisible de l'Observatoire de South Kensington où il s'était transporté. Trop voisin du centre de Londres, bloqué de toutes parts, cet établissement n'était pas le rêve ; Lockyer y resta pourtant près de 40 ans et ne le quitta, bien à regret, qu'en 1913, lorsque le Gouvernement eut décidé de transférer l'installation à Cambridge. Le vieux savant ne voulut pas alors renoncer à la passion de sa vie : il alla fonder ailleurs un nouvel observatoire, celui de Sidmouth (Devonshire), où il travaillait encore quand la mort le surprit.

C'est comme directeur du Solar Physics Committee que Lockyer organisa la plupart de ses *missions d'éclipse ;* il prit part personnellement à 9 d'entre elles. Celle de 1871, où entre ses mains le prisme objectif montra ses précieuses qualités, celle de 1893 où il détermina les longueurs d'onde d'une foule de raies chromosphériques, où il étudia la fameuse raie verte de la couronne, furent les plus brillantes ; mais toutes, celles de 1898, 1900 et 1905 notamment, enrichirent la science de quelque résultat nouveau.

Au cours de sa belle carrière, Lockyer fut l'initiateur d'un mode d'investigation devenu depuis courant en Astrophysique et qui allie étroitement l'*observation des astres* aux *travaux de laboratoire* qu'elle suggère. L'Astronomie physique ne consiste pas en effet à superposer brutalement la Physique à l'Astronomie ; c'est plutôt cette dernière qui doit indiquer les recherches physiques présentant pour elle de l'intérêt, à l'exclusion de beaucoup d'autres, souvent plus importantes pour le physicien, mais sans application dans le Ciel. C'est à la judicieuse mise en pratique de cette idée, autant peut-être qu'à leur esprit de méthode ou à la puissance de leurs instruments, que nos confrères américains doivent certains de leurs succès et Lockyer fut là un des premiers à leur montrer la voie.

Ses travaux de spectroscopie céleste l'avaient notamment convaincu de l'extrême variabilité des spectres des éléments suivant leurs circonstances de production, variabilité fort gênante, il faut l'avouer, pour l'analyse chimique à distance. Il parvint à déceler au laboratoire, d'abord et surtout pour les métaux, mais ensuite pour de nombreux métalloïdes, une gradation dans l'apparition des diverses raies selon qu'on passe de la flamme à l'arc ou de celui-ci à l'étincelle électrique. La température, qui croît de la flamme à l'arc, semble donc plus forte encore dans l'étincelle : les raies d'étincelle ou *raies renforcées* (« enhanced ») correspondent ainsi aux plus hautes températures réalisables. On devrait donc s'attendre à les rencontrer en majorité dans les spectres des étoiles, incomparablement plus chaudes que toutes nos sources terrestres. Les faits n'ont pas tardé à confirmer cette induction : une foule de raies renforcées furent reconnues dans les étoiles, et les éléments correspondants, douteux jusqu'alors, purent enfin être identifiés.

De là à supposer que la chaleur dissocie les éléments pour ne laisser subsister à la fin que les principes derniers de la chimie universelle, il n'y avait qu'un pas. Lockyer le franchit avec sa théorie des *protométaux :* il admit ainsi que le calcium est, par exemple, composé de deux corps dissociables aux hautes températures et dont le plus léger, le protocalcium, est représenté par les raies renforcées du métal. Il annonça de même l'existence d'un protohydrogène, d'un protohélium, d'un prototitane, etc. En généralisant de la sorte, il allait, avouons-le, un peu loin et Huggins, dans une polémique assez vive, eut beau jeu à le lui prouver. Quoi qu'il en soit, toute interprétation mise à part, les faits parlent d'eux-mêmes et les services incontestables rendus à l'Astronomie par ces travaux de laboratoire suffisent à en attester le mérite.

C'est en se fondant notamment sur l'étude comparative des raies renforcées dans les spectres des étoiles que Lockyer classa celles-ci par ordre de température. D'autres avant lui avaient établi des classifications analogues ; mais il sut distinguer, parmi les astres également chauds, deux groupes — sans doute caractérisés par un état de condensation différent. Il répartit alors les étoiles en *deux catégories selon que leur température croît ou décroît avec le temps.* L'image de l'*évolution stellaire* ne serait par suite pas une ligne droite, comme semble le suggérer la série des types de Harvard, mais bien une courbe à maximum : froids à leur naissance, les astres, en se condensant, se réchauffent peu à peu pour décliner ensuite jusqu'aux ténèbres de la mort. Cette idée, chère à Lockyer, parut bizarre et eut d'abord peu de succès. Étayée de nouveaux arguments d'un tout autre ordre, elle vient d'être brillamment reprise en Amérique par M. H. N. Russell : c'est la théorie des soleils « nains » et des « géants ». Lockyer aura donc eu, avant de mourir, la satisfaction de voir triompher avec celle-ci une de ses conceptions les plus originales et les plus sérieusement discutées.

Lockyer consacra encore bien des efforts à son « *hypothèse météoritique* ». Frappé comme beaucoup de l'importance probable du phénomène actuel des bolides et des aérolithes, il voyait l'Univers sans cesse parcouru par des matériaux solides errants, planétoïdes minuscules ou même simples pierres. Leur gravitation mutuelle et leur agglomération auraient suffi, selon lui, à expliquer la plupart des faits astronomiques. Peut-être exagérait-il un peu. Qu'un essaim d'étoiles filantes ne soit qu'un amas de météorites, cela ne semble pas douteux ; qu'on puisse en dire autant des parties les plus denses des comètes, c'est une opinion fort accréditée, soutenue autrefois par Tait et que corrobore l'analyse spectroscopique des aérolithes ; que d'autres corps célestes se soient formés de la sorte, cela semble encore très possible. Pourtant, si l'interprétation que Lockyer nous offre des nébuleuses a trouvé un appui dans la découverte des « nébuleuses obscures », ses explications des novæ ou des étoiles variables, pour ne citer que celles-là, n'en rencontrent pas moins de graves objections. Mais n'est-ce pas le sort des hommes en avance sur leur temps d'émettre parfois des idées audacieuses, jugées excessives par leurs contemporains ? — Quelques remaniements que subiront par la suite ces théories de Lockyer, il n'est guère niable, croyons-nous, que les doctrines cosmogoniques, jadis fondées sur la dynamique des fluides continus, n'évoluent actuellement dans le sens même que pressentait le savant anglais.

Toutes ces expériences, ces observations ou ces hypothèses, éparpillées à travers 200 mémoires, se trouvent rassemblées et développées dans une série d'ouvrages : *The Chemistry of the Sun* (1887) ; *The Sun's place in Nature* (1897) ; *The Meteoritic Hypothesis* (1890) ; *Inorganic Evolution* (1900) sont les plus célèbres (le dernier a été traduit en français) ; tous fourmillent de renseignements et de résultats de toute espèce et de toute provenance qui les rendent précieux pour le chercheur, abstraction faite de leurs conclusions.

L'activité de cet homme extraordinaire ne se bornait du reste pas à l'Astronomie. Il fit un livre sur Tennyson ; il se passionna pour l'Archéologie, étudia l'orientation des monuments mégalithiques de Stonehenge et tenta d'en fixer la date. — Il fonda la revue londonienne « *Nature* » et la maintint plus d'un demi-siècle, par sa largeur de vues, au rang des périodiques scientifiques les plus appréciés du monde entier. — Avec le temps, les honneurs et les titres lui étaient venus. Membre de la Société Royale, Correspondant de notre Académie des Sciences, il faisait partie de beaucoup d'autres. L'Ordre du Bain lui avait été conféré en 1897, et si son caractère entier, joint à la hardiesse de ses idées, lui avait valu des adversaires, son influence, servie par un tempérament d'apôtre, était grande dans la science anglaise.

Tel fut Sir Norman Lockyer, personnalité puissante qui résume toute une période de l'histoire de l'Astronomie. Dans son œuvre très vaste, tout n'est pas destiné à rester. Les découvertes positives qu'on lui doit

n'en sont pas moins nombreuses et dans des domaines très divers. Quant à ses conceptions des phénomènes naturels, beaucoup sont devenues classiques. L'avenir en allongera sans doute la liste qu'il serait téméraire de croire close à une époque où tant de notions scientifiques, naguère indiscutées, ont paru chanceler : la belle carrière si laborieuse et si remplie de Lockyer n'est peut-être pas encore terminée !

Jean Bosler,
Astronome adjoint à l'Observatoire de Paris.

§ 2. — Physique

Sur la possibilité d'expulser des électrons hors des métaux par des champs électriques intenses. — Pendant les dix dernières années, Millikan a fait sur cette question une longue série de recherches qui l'ont conduit à la conclusion générale suivante : dans un vide suffisamment poussé pour que le gaz résiduel ne joue aucun rôle dans la décharge (pressions de l'ordre de 10^{-6} mm. de mercure), les champs nécessaires, au voisinage d'une surface, pour provoquer une émission électronique, sont grandement variables, même quand on opère sur la même surface et dans des conditions identiques. Pour des surfaces métalliques bien propres, mais qui n'ont pas subi de traitement spécial en vue d'éliminer les gaz occlus et autres impuretés, le champ nécessaire pour produire une faible déperdition, décelable au moyen d'un électroscope sensible, varie entre 10.000 et 50.000 volts par millimètre.

En chauffant des électrodes de tungstène au rouge sombre, dans un tube spécialement combiné, Millikan et Shackelford[1] ont constaté que le champ au-dessous duquel aucune décharge ne se produit passe de 40.000 à 70.000 volts par millimètre. En chauffant les électrodes de tungstène à 2.700° abs., on les met dans un état tel qu'on n'observe plus aucune déperdition pour des champs inférieurs à 430.000 volts par millimètre, et la première étincelle se produit pour un champ de 600.000 volts par millimètre, soit *six millions de volts par centimètre*.

Ces expériences montrent que la décharge, à partir de la surface d'un métal, dans le vide parfait, est conditionnée par les impuretés superficielles et rendent douteuse la conclusion qu'il existe une valeur particulière du champ pour laquelle les électrons sont expulsés hors du métal.

§ 3. — Chimie

Le Rapport du Comité international des Poids atomiques pour 1920-1921. — MM. F. W. Clarke, T. E. Thorpe et G. Urbain viennent de communiquer leur dernier Rapport sur la liste internationale des poids atomiques.

Parmi les déterminations nouvelles publiées en 1919 et 1920, celles de Moles et Batuecas pour le fluor, de Brauner et Krepelka pour l'étain, de Owens, Balke et Kremers pour le samarium, confirment les valeurs actuellement adoptées pour le poids atomique de ces éléments.

Parmi les autres déterminations qui conduiraient à des valeurs nouvelles, le Comité international ne retient que celles de Hönigschmid sur le scandium. La préparation du bromure de scandium pur et la détermination de son rapport avec l'argent a fourni 18 valeurs concordantes dont la moyenne est 45,099. Le Comité propose donc d'adopter pour le scandium le poids atomique 45,1 au lieu de la valeur actuelle 44,1.

Méthode quantitative pour la détermination des vitamines. — Malgré les nombreux travaux auxquels les vitamines ont donné lieu en ces dernières années, on n'est pas encore parvenu à les isoler à l'état pur, à en établir la constitution chimique et à les doser d'une façon exacte. En attendant que ce résultat soit atteint, la méthode indirecte de détermination que vient de proposer M. R. J. Williams pour la vitamine qui prévient le béribéri pourra rendre des services[1].

Cet auteur prépare un milieu synthétique contenant par litre 20 gr. de sucre de canne, 3 gr. de sulfate d'ammonium, 2 gr. de phosphate monopotassique, 1,5 gr. d'asparagine, 0,25 gr. de chlorure de calcium et 0,25 gr. de sulfate de magnésium. On dilue 100 cm³ de ce milieu jusqu'à 110 cm³, on stérilise, et inocule avec une suspension de levure comprimée fraîche dans de l'eau stérile contenant 0,3 mgr. de levure dans un volume de 1 cm³. On fait incuber pendant 18 h. cette culture à la température de 30° C., puis on arrête la croissance par addition d'une solution de formaldéhyde ; la levure est recueillie par filtration de la culture à travers un creuset de Gooch pesé, lavée avec de l'eau et avec de l'alcool, séchée pendant 2 h. à 103°, et finalement pesée. Ces manipulations constituent l'expérience de contrôle, et le rendement en levure est approximativement de 2,5 mgr.

En même temps, on mélange 100 cm³ du milieu synthétique et un volume défini de l'extrait représentant un poids déterminé de la substance dont on veut doser la teneur en vitamine ; on dilue à 110 cm³, stérilise, ensemence avec de la levure comme ci-dessus, et on continue de la même façon que dans l'expérience de contrôle. Le surplus du rendement en levure est une mesure de la teneur en vitamine de la substance soumise à l'essai. On peut appeler « indice de vitamine » de celle-ci le nombre de mgr. de levure produit par l'addition de l'extrait de substance, diminué de celui qui est produit par une solution de contrôle, dans des conditions données et entre certaines limites, et ramené à 1 gr. de la substance originale.

§ 4. — Biologie

Expériences de rajeunissement par la réactivation des cellules interstitielles séniles. — M. E. Steinach vient de publier sur le rajeunissement de l'organisme des recherches qui ne peuvent manquer de susciter un vif intérêt à la fois parmi les biologistes et dans le grand public[2].

Après être arrivé à conclure, à la suite de nombreuses séries d'expériences, que les manifestations de la vie sexuelle sont commandées par la glande de la puberté (cellules interstitielles) mâle ou femelle, il a tenté de réactiver ces éléments peu avant leur involution complète à l'état sénile, chez des rats. Il y avait diverses méthodes possibles : action de rayons X, application de substances chimiques, ligature des canaux efférents. C'est cette dernière voie que l'auteur a choisie. Il a ligaturé, puis sectionné le canal déférent entre le testicule et la tête de l'épididyme, en prenant soin d'éviter les vaisseaux sanguins qui desservent le testicule. Leur ligature, en effet, entraînerait des processus nécrotiques dans le testicule. A la suite de l'intervention en question, la constitution générale des mâles opérés est transformée d'une façon évidente. Au moment de l'opération, ces individus étaient âgés d'environ 27 mois et présentaient tous de nombreux signes de sénilité : ils ne mangeaient plus guère, avaient perdu, en partie, leurs poils, sommolaient presque continuellement, étaient très maigres, ne se nettoyaient plus guère même en présence de femelles, et ne donnaient plus aucun signe d'ardeur sexuelle. Celle-ci revient, toutefois, moins de 3 semaines après l'opération, pour atteindre, en général, un degré supérieur à ce qu'on constate chez les jeunes mâles (« paroxysme sexuel ») et se maintient ainsi pendan

1. R. A. Millikan et B. E. Shackelford : *Phys. Rev.*, 2e série, t. XV, p. 239; mars 1920.

1. *Journ. of Biolog. Chem.*, t. XLII, p. 259 ; 1920.

2. E. Steinach : Verjüngung durch experimentelle Neubelebung alternder Pubertätsdrüsen. *Arch. fur Entw. Mechan. d. Organ.*, t. XLVI, fasc. 4, pp. 553-618, 9 pl., 7 fig. ; 1920 (Berlin, J. Springer).

plusieurs mois. Partout où ils avaient disparu, les poils repoussent et les forces musculaires reviennent. Ces individus, en effet, recommencent à sauter et à grimper. Alors qu'avant l'opération ils ne se défendaient plus guère contre leurs agresseurs, c'est eux maintenant qui attaquent avec vivacité et avec succès les jeunes mâles qu'on introduit dans leur cage. D'autre part, les manifestations de jalousie reparaissent et le poids du corps augmente d'environ 40 grammes (sur 180 grammes à peu près que pesait l'animal avant la ligature). En faisant une laparotomie, on constate que les muscles sont tout rouges, que la graisse sous-cutanée a reparu et que les testicules, les vésicules séminales et la prostate sont fortement développés et sont fermes. La puissance sexuelle récupérée se maintient pendant 7 mois environ, ce qui correspond à un quart de la durée totale de la vie normale d'un rat. Ensuite l'état de sénilité reparaît de nouveau et l'animal meurt de marasme sénile sans que les glandes sexuelles (prostate, vésicules séminales, testicules) présentent, toutefois, comme au cours de la sénilité première et normale, des signes d'involution. La glande de la puberté se maintient et on constate, à l'examen microscopique de coupes à travers le tissu testiculaire, que la spermatogenèse était en plein épanouissement au moment de la mort. L'évidente apathie et en général l'état psychique sénile constaté avant la mort semblent donc être dus non pas à quelque action du tissu périphérique, mais, sans doute, à celle du système nerveux central. [Ces résultats rappellent certaines considérations du pathologiste italien C. Ceni (1917) à la suite de ses recherches sur les rapports entre le cerveau et les fonctions génétiques.]

Un intérêt particulier doit être attribué aux cas où Steinach a réalisé une ligature unilatérale. Après avoir ligaturé le canal déférent d'un côté seulement, on constate, en effet, que le testicule du côté opposé, non ligaturé, est également réactivé, et le résultat, pour l'animal opéré, en est la possibilité d'expulsion de spermatozoaires et de cohabitation féconde, réellement constatée par Steinach.

Un phénomène analogue de réactivation des fonctions sexuelles est obtenu chez des femelles séniles par l'implantation de l'ovaire d'une jeune femelle. Cette implantation provoque une réactivation des ovaires séniles et, à la suite de l'approche d'un mâle, des phénomènes d'ovulation et de grossesse. Après 10 mois d'infécondité complète, due à la sénilité, la femelle en question a de nouveau donné naissance à des jeunes et fut à même de les nourrir normalement de son lait.

Encouragé par les résultats de ses expériences sur les rats, Steinach, en collaboration avec le chirurgien Lichtenstern, a passé à des opérations analogues chez l'homme. Il rend compte dans le présent mémoire de 3 cas, où des hommes malades et en état de sénilité — soit précoce (44 ans), soit normale (71 et 66 ans) — ont récupéré leur vigueur sexuelle à la suite de la ligature du canal déférent et présentent un rajeunissement physique et psychique général. Un de ces malades, âgé de 71 ans, a été opéré pour un abcès du testicule gauche. Ce testicule est enlevé. En même temps, le canal déférent droit est ligaturé. Indépendamment de l'abcès testiculaire, l'individu en question souffrait depuis des années de diverses manifestations de la vieillesse : artériosclérose, vertige, respiration difficile, faiblesse du cœur, très grande fatigue, tremblement des mains, etc. Depuis 8 ans, d'autre part, les sensations sexuelles étaient éteintes. Quelques mois après l'opération, tout cela est changé. Après 9 mois, le personnage en question, qui ignorait la nature extraordinaire de l'intervention, a fait, par écrit, au chirurgien un exposé de son état. Il ressort de ce rapport que la dépression psychique dont souffrait le vieillard a disparu; il est redevenu gai, a un appétit extraordinaire, la dyspnée a cessé, il s'exprime couramment et facilement parmi ses collègues (il s'agit d'un grand industriel), sa barbe repousse plus vite (au lieu d'aller trouver le coiffeur tous les 15 jours à 3 semaines, il est obligé d'avoir recours aux soins de cet artiste tous les 8 jours). Il constate d'autre part des pollutions nocturnes et le fait que les besoins sexuels ont reparu. Chez un autre opéré, les rides de la peau ont disparu et le poids du corps a notablement augmenté.

Devant ces résultats, aussi bien ceux obtenus avec les rats que ceux réalisés chez l'homme (ces derniers sont au nombre de 3 seulement pour le moment), il y a lieu de formuler, croyons-nous, quelques réserves, du moins pour autant qu'il s'agit de conclure à la possibilité de prolonger la vie grâce à une action des cellules sexuelles ou de faire dépendre les manifestations de la vie sexuelle des seules cellules interstitielles. En effet, il faut remarquer que, dans tous ces cas, il n'y a pas seulement régénération des cellules interstitielles, mais aussi reprise de la spermatogenèse. Ensuite il est nécessaire d'insister sur le fait que, dans le seul cas où un individu opéré — il s'agit d'un rat — a pu être suivi jusqu'au nouveau retour de l'état sénile (définitif celui-ci), les cellules interstitielles aussi bien que les spermatozoaires paraissaient être encore en parfait état de fonctionnement, ne semblaient, en tout cas, pas se distinguer de l'état où se trouvaient ces mêmes tissus peu avant, à un moment où l'animal était en état de rajeunissement. Pourquoi alors leur attribuer une action spécifique dans la première période et les laisser hors de cause dans la seconde? D'autre part, l'examen histologique des glandes sexuelles ne semble pas avoir été poussé de telle sorte qu'on ait la conviction de voir clair dans l'évolution de leurs différents tissus au cours de ces expériences. Or, un contrôle histologique continuel importe d'autant plus que l'hypothèse de l'action d'une sécrétion interne dépend pour une large part de l'établissement des conditions histologiques, tant que l'identification d'un produit chimique spécifique fait défaut. Il n'en est pas moins vrai que les résultats obtenus par Steinach méritent d'être pris en sérieuse considération.

Jean Strohl,
Professeur à l'Université de Zurich.

§ 5. — Géographie et Colonisation

Les explorations du Dr Marc-Aurel Stein dans les déserts de Takla-Makan et de Lob. — Dans cette vaste étendue du continent asiatique que l'on a pu appeler l'Asie intérieure, parce qu'elle forme une excavation au milieu des grands massifs montagneux qui l'entourent, se trouvait jadis dans la partie centrale une mer immense, le Si-Haï; mais le pays, s'étant progressivement desséché, est transformé aujourd'hui en des zones désertiques qui ont vu peu à peu disparaître une civilisation existant autrefois sur ses rives. L'une des contrées intéressantes de cette Asie intérieure est le bassin du Tarim, qui dépend de la province chinoise du Kan-Sou-Sin-Kiang, formée de l'ancien Turkestan chinois; les eaux de ce bassin, qui encadrent le désert de Takla-Makan, se perdent dans un lac peu profond, le Lob Nor, vestige de l'ancienne mer, qui s'est beaucoup réduit, a subi des déplacements et est aujourd'hui le centre d'une région désertique; tout autour du lac s'élevaient jadis de nombreuses cités. Ces déserts, très curieux par leurs transformations et qui offrent des sites sauvages et grandioses, ont attiré, malgré les difficultés d'accès qu'ils présentent, un certain nombre d'explorateurs, et parmi les plus récents il convient de citer le voyageur et archéologue anglais Marc-Aurel Stein, qui y a fait trois longues tournées d'où il a rapporté de nouvelles et précieuses informations.

Au nord et au sud des déserts de l'Asie intérieure, Takla-Makan, Lob, Gobi, se trouvent les routes qui ont mis de tout temps la Chine en rapport avec l'Asie occidentale, Pei-Lou ou route du nord, Nan-Lou ou route du sud. C'est cette dernière que suivit Marco Polo au XIIIe siècle en passant par Khotan et la partie méridionale de la région du Lob Nor. Au XIXe siècle, un certain nombre d'explorateurs revirent le Lob Nor et ses alentours, notamment les officiers russes Prjevalski en 1876-1877 et

Pievtsof en 1890, Bonvalot, le prince Henri d'Orléans et le P. de Decken en 1889-1890, le géologue russe Bogdanovich en 1891, Charles Bonin dans son voyage de 1895 à 1898. Le lieutenant russe Kozlof explora trois fois le Lob Nor de 1885 à 1894. L'explorateur suédois Sven Hedin étudia aussi très en détail la région dans ses deux voyages de 1894 à 1897 et de 1899 à 1902. Les trois expéditions successives que le Dr Aurel Stein, chargé de mission scientifique par le Gouvernement anglo-indien, dirigea dans les déserts de l'ancien Turkestan chinois en 1900-1901, 1906-1908 et 1913-1916, apportèrent à leur tour une remarquable et féconde documentation sur ce pays et complétèrent fort utilement les études qui y avaient été faites précédemment. En même temps qu'il se consacra à de nombreuses recherches archéologiques, durant ces voyages, il sut en faire profiter directement aussi les connaissances géographiques.

Dans son premier voyage, M. Stein ayant parcouru le Takla-Makan y découvrit, sur l'Andere-Daria, les ruines d'une ancienne ville et il y mit à jour d'importants manuscrits. Sous ses yeux furent accomplis des travaux topographiques par le poundit Ram Singh, ancien compagnon du capitaine Deasy, et l'itinéraire levé servit de base à une carte. Sven Hedin déclara que les découvertes faites par lui dans la région du Lob avaient reçu une lumière particulière des recherches consciencieuses dues à Stein. Les résultats archéologiques et scientifiques de ce premier voyage ont été exposés dans : *Preliminary report on a journey of archæological and topographical exploration in Chinese Turkestan* (Londres, 1901, in-4°). Un autre ouvrage de M. Stein se rapporte aussi à ce même voyage : *Sand buried ruins of Khotan* (Londres, 1903, in-8°). Il faut y ajouter aussi plusieurs notices publiées dans *The Geographical Journal*.

M. Aurel Stein poursuivit encore, au cours de son deuxième voyage, son exploration du Takla-Makan. De Peshawar, dans la province indienne du Nord-Ouest, il gagna ce grand désert par les hauts massifs montagneux qui se dressent en ce point. Il fit alors un circuit complet du Takla-Makan, tantôt sur la bordure du désert, tantôt sur les montagnes qui l'entourent, et il le traversa même dans toute son étendue. Il se porta ensuite vers le désert de Lob où il arriva dans l'hiver de 1907.

Durant ce long parcours, M. Aurel Stein fit des découvertes archéologiques des plus importantes, notamment dans le groupe des ruines de Niya, situées en plein Takla-Makan, puis à Lou-Lan, près du Lob Nor, et ensuite aux confins occidentaux de la Chine propre, à Sa-Tchéou, ville appelée aussi Touen-Houang, au sud-est de laquelle se trouve le grand ensemble des grottes dites Tsien-Fo-Tong, ou grottes des Mille Bouddhas, couvertes de peintures murales. Il fit d'importantes trouvailles de manuscrits dans ces divers lieux et surtout à Touen-Houang[1] et il en rapporta de riches collections. Dans son voyage, M. Aurel Stein se consacra aussi d'une façon suivie aux travaux géographiques, mesures des hauteurs, détermination des latitudes, établissement de cartes. Dans sa traversée du désert de Lob, M. Stein fut à même de vérifier et de compléter les observations faites en 1901 par Sven Hedin. Comme travaux qu'il publia relativement à ce voyage, il faut citer : *Ruins of desert Cathay* (Londres, 1912, 2 vol. in-8°), et au sujet des cartes rapportées par lui : *Note on maps illustrating Dr. Stein's explorations in Chinese Turkestan and Kansu* (*The Geographical Journal*, t. XXXVII, 1911, p. 275-280). Reçu par la Société de Géographie de Paris, il y fit, le 17 mai 1909, une communication dont il donna un abrégé dans *La Géographie*, tome XX, 2e sem. 1909, p. 137-154 : *Exploration géographique et archéologique en Asie centrale* (*1906-1908*).

Au cours de son troisième voyage, de 1913 à 1916, Sir Aurel Stein parcourut sur toute son étendue l'Asie centrale, du Kachmir à l'ancienne Grande Muraille de la Chine. De cette nouvelle et importante exploration, il a donné de premiers aperçus dans *The Geographical Journal* (août et septembre 1916) et dans un article : *Explorations in the Lop desert*, paru dans *The Geographical Review, published by the American Geographical Society of New-York*, janvier 1920, p. 1-34.

Arrivé le 19 septembre 1913 à Kachgar, Sir Aurel Stein s'achemina de là vers le Lob Nor, où il se sentait toujours vivement attiré depuis son exploration de 1907 et où il voulait continuer ses recherches archéologiques qui, toujours fructueuses, apportèrent encore de nouvelles données sur l'évolution géographique du pays. Puis, en suivant le versant Nord du Kouen-Loun, par Niya, Andéré et Tchertchen, il gagna, le 8 janvier 1914, Tcharklik, qui se trouve à l'extrémité méridionale du bassin du Tarim. De Miran à Lou-Lan, il se livra à de nombreuses recherches archéologiques et il découvrit trois nouveaux centres de ruines pouvant remonter à la même époque que cette dernière ville. En même temps, deux topographes hindous, joints à la mission, étaient chargés de faire des levers exacts de toutes les traces pouvant permettre de déterminer quelle fut jadis l'étendue du lac si réduit aujourd'hui. Une reconnaissance fut faite de l'ancien lit du Kourouk-Daria qui, coulant au sud du Kourouk-Tagh, portait précédemment au Lob Nor les eaux du Kontché-Daria, maintenant absorbé par le Tarim. C'est avec l'époque de ce dessèchement que paraît concorder, comme le déclare Sir Stein, la ruine de la région de Lou-Lan. D'après toutes ses études géographiques autour de cette ancienne ville, dont il avait fait son centre d'exploration, et d'après toutes ses découvertes des vestiges de la civilisation qui y régna, constructions et objets de toute nature, Sir Stein a pu conclure que l'abandon définitif de cette station par la Chine, en raison des dangers d'érosion, devait remonter au plus tard au troisième siècle de notre ère, sous la dynastie des Hans, aucun reste ne pouvant être regardé comme plus récent.

Continuant ses explorations vers l'est et le nord-est, Sir Aurel Stein chercha à reconnaître les limites de l'ancien Lob Nor et en même temps à accroître les connaissances déjà acquises par lui durant son voyage de 1906-1908 sur la route qui jadis reliait le bassin du Tarim au Kan-Sou. Il la trouva jalonnée d'une succession de ruines et il apporta des preuves évidentes de la place qu'elle occupait. En passant par Kum-Kuduk, sur la piste orientée de Miran vers le nord-est, il gagna Touen-Houang où il était allé jadis et, de là, il explora au nord la partie désertique où se perd aujourd'hui la rivière du Su-Li-Ho, et il put reconnaître que ce cours d'eau s'était bien jeté jadis dans le Lob Nor, comme il l'avait pensé en 1907. Puis, complétant ses précédentes études archéologiques de la région, Sir Aurel Stein fit route vers le Kan-Sou, ce qui l'amenait dans la Chine orientale, d'où ensuite il regagna l'Inde par le Turkestan et les frontières orientales de la Perse.

Gustave Regelsperger.

1. Peu de temps après M. Aurel Stein, les mêmes régions furent parcourues par une mission française conduite par M. Paul Pelliot, qui y fit de très savantes recherches et qui, en février 1908, passant aussi à Touen-Houang, réussit à en rapporter un nombre considérable de manuscrits.

LA CHIMIE FRANÇAISE ET LES PROBLÈMES DE LA GUERRE

SUBSTANCES EXPLOSIVES[1]

La plupart des substances explosives sont constituées par des matières organiques nitrées. La nitration s'effectue par l'action de l'acide nitrique en présence d'acide sulfurique, employé généralement en grand excès. Nous parlerons donc tout d'abord de la fabrication de ces deux très importants produits : les acides sulfurique et nitrique.

L'industrie des substances explosives utilise en outre, entre autres matières, quelques solvants, principalement l'alcool, l'éther, l'acétone. Nous donnerons également ici quelques indications préalables sur la production de l'alcool et de l'éther, celles relatives à l'acétone étant réservées pour un autre chapitre.

I. — Fabrications de quelques matières premières

§ 1. — Acide sulfurique

La consommation d'acide sulfurique est le plus souvent, et avec juste raison, prise comme base pour apprécier dans un pays l'état de développement des industries chimiques. Il est bien peu de produits chimiques, en effet, dont la fabrication ne fasse appel, directement ou indirectement, à l'acide sulfurique. Avant la Guerre, la majeure partie de la production, en France, était absorbée par l'industrie des superphosphates, dont l'agriculture employait comme engrais des quantités considérables. Au cours de la Guerre, alors que beaucoup de nos usines étaient occupées ou avaient été détruites par l'ennemi, les besoins ont augmenté dans de notables proportions. Outre les usages habituels, qu'on s'attacha d'ailleurs à réduire dans la mesure du possible, il en fallait d'énormes quantités pour la fabrication des substances explosives. Une partie était récupérée par des méthodes spéciales.

Avant la Guerre, nous produisions annuellement environ douze cent mille tonnes d'acide dans les chambres de plomb, et notre fabrication d'acide fumant, dit *oleum* (procédés de contact), était fort restreinte (6.000 tonnes). Au cours des hostilités, de nombreuses et puissantes installations nouvelles ont été créées, tant pour l'oleum que pour l'acide des chambres; et, à la fin de la Guerre, notre production annuelle totale était voisine de deux millions de tonnes d'acide des chambres et de 300.000 tonnes d'oleum. Les pyrites nécessaires étaient, pour une bonne part, de provenance étrangère (Espagne, Portugal, Italie), en partie par voie de terre, à cause des dangers de la guerre sous-marine; en 1917, notre production nationale de pyrite fut de 270.000 tonnes, et nos importations s'élevèrent à 550.000 tonnes.

§ 2. — Acide nitrique

I. — La majeure partie fut préparée à partir du nitrate de soude naturel du Chili, qu'on décomposait par l'acide sulfurique, et une proportion notable de notre production d'acide sulfurique fut consacrée à ces opérations, qui laissaient comme résidu du bisulfate de soude[1]. Notre consommation de nitrate, avant la Guerre, était annuellement de 320.000 tonnes, dont les sept huitièmes (280.000 tonnes) allaient comme engrais à l'agriculture. En 1916, nos importations atteignirent 540.000 tonnes, et la presque totalité fut absorbée par la fabrication des munitions, au grand préjudice de notre agriculture, qui en souffrit beaucoup, comme elle souffrit de la pénurie de superphosphates.

II. — En raison des difficultés de fret, aggravées par les terribles effets de la guerre sous-marine, il fallut faire acte de prévoyance, et l'on s'organisa pour une fabrication synthétique d'acide nitrique. Deux procédés furent mis en œuvre : l'oxydation directe de l'azote (combustion de l'azote), et la combustion de l'ammoniaque.

C'est surtout en Norvège qu'avant la Guerre se pratiquait, dans l'arc électrique, l'oxydation de l'azote. Une usine fut installée à Pierrefitte (Hautes-Pyrénées), donnant une production journalière d'une douzaine de tonnes.

Dans le second procédé, qui a été principalement utilisé, on oxydait l'ammoniaque par l'oxygène en présence de platine agissant comme catalyseur. Ce précieux métal, qui venait en grande partie de Russie, étant devenu de plus en plus difficile à importer, on dut en faire la

1. Cet article est extrait d'un livre ayant pour titre : *La Chimie et la Guerre, Science et Avenir*, qui paraîtra incessamment chez Masson et Cie.

1. Des stocks énormes de ce sel, dont l'utilisation immédiate était difficile, ont été accumulés ou jetés dans les cours d'eau.

réquisition générale. Quant à l'ammoniaque, la production par distillation de la houille, d'ailleurs insuffisante, étant réservée à d'autres usages, elle fut préparée par l'action de la vapeur d'eau sous pression sur la cyanamide calcique (formation de carbonate de chaux), elle-même obtenue par fixation de l'azote sur le carbure de calcium. Il fallut augmenter corrélativement la production du carbure (au four électrique), qui servait, notamment, à préparer l'acétylène, dont on utilisait la grande chaleur de combustion, outre l'éclairage, pour le découpage des métaux et la soudure autogène. L'azote lui-même fut extrait de l'air atmosphérique par liquéfaction et distillation fractionnée de l'air liquide; l'oxygène séparé servait principalement pour les chalumeaux oxyhydriques et oxyacétyléniques utilisés dans le travail des métaux.

Nous avons pu fabriquer, pendant la Guerre, plus de 60.000 tonnes d'acide nitrique synthétique. Pour la cyanamide, notre production annuelle, qui, avant la Guerre, était de 8.000 tonnes, a pu atteindre le chiffre de 100.000 tonnes. Quant à la production totale d'acide nitrique, de 15.000 tonnes par mois avant la Guerre, elle passa à 50.000 tonnes dans les derniers mois des hostilités.

On récupérait souvent, par l'emploi de dispositifs spéciaux, une partie de l'acide mis en œuvre.

III. — Quoique nous fussions assurés de pouvoir toujours compter, malgré la guerre sous-marine et les difficultés de fret, sur un certain approvisionnement en nitrates du Chili, et quoique la mise en œuvre des deux procédés de fabrication synthétique de l'acide nitrique par oxydation directe de l'azote ou par combustion de l'ammoniaque donnassent toute satisfaction, le problème de l'azote apparaissait comme tellement important, pour le présent et pour l'avenir, qu'on jugea indispensable de l'étudier, sans plus tarder, sous d'autres aspects.

La transformation de l'ammoniaque en acide azotique est particulièrement aisée, et, si l'on réussissait à obtenir commodément l'ammoniaque, la question ferait, par cela même, un nouveau grand pas. On sait que l'hydrogène est susceptible de s'unir directement à l'azote dans différentes conditions. La « Badische Anilin und Soda Fabrik » avait réussi à mettre au point industriellement, avant la Guerre, un procédé préconisé par Haber, qui consistait à combiner les deux gaz en chauffant leur mélange vers 500° sous de fortes pressions (200 atmosphères et plus) en présence de catalyseurs appropriés. Et, au cours de la Guerre, les Allemands ont préparé, avec de l'ammoniaque ayant cette origine, de grands stocks d'acide nitrique.

En France, des essais dans la même voie ont été méthodiquement poursuivis, et ils ont donné des résultats fort encourageants (Guichard, du laboratoire Urbain). Il a été constaté, conformément aux prévisions de la loi du déplacement de l'équilibre de Le Chatelier, que l'élévation de la pression (1.000 atmosphères, Georges Claude) facilite considérablement la combinaison. Et l'on peut espérer que bientôt la fabrication de l'ammoniaque par union directe des éléments sera, en France, une grande et belle industrie.

§ 3. — Alcool et Ether

I. — L'alcool C^2H^6O peut être obtenu soit par fermentation de différentes matières sucrées — et l'on distingue, sous ce rapport, les eaux-de-vie naturelles (alcool de vin, de cidre, de poiré) et l'alcool industriel (alcool de grains, de mélasses, de betteraves, etc.), — soit par synthèse.

En 1913, notre production totale, en alcool pur, était voisine de 3 millions d'hectolitres, dont près des 9 dixièmes en alcool industriel. Nos exportations ont toujours été supérieures à nos importations : en 1913, 320.000 hectolitres contre 180.000.

Pendant la Guerre, le problème de l'alcool fut particulièrement difficile. L'ennemi occupait une partie des régions où se trouvaient la plupart de nos distilleries. En développant le plus possible la puissance de production des distilleries non envahies, qu'on put alimenter convenablement en grains et sucres roux, on réussit à fabriquer : 1.600.000 hectolitres d'alcool en 1914, 2.000.000 en 1915, 1.500.000 en 1916, 1.500.000 en 1917. Mais les besoins étant énormes, on dut en importer de grandes quantités : 450.000 hectolitres en 1915, 1.200.000 en 1916, 1.400.000 en 1917.

De nombreuses expériences ont été faites en vue de fabriquer l'alcool synthétique au moyen de l'acétylène C^2H^2 (issu du carbure de calcium), en transformant d'abord ce carbure, par fixation d'eau (au moyen des solutions de sels mercuriques), en acétaldéhyde C^2H^4O, et hydrogénant ensuite l'acétaldéhyde par électrolyse ou par catalyse. Si ces essais n'ont pas abouti à temps pour une production industrielle, il y a lieu de penser que l'alcool de synthèse fera bientôt son apparition sur le marché.

II. — On fabriquait l'éther C^2H^5-O-C^2H^5, suivant le procédé classique, en chauffant l'alcool avec l'acide sulfurique.

La dépense journalière d'alcool, de ce fait, a pu s'élever jusqu'à 400 tonnes, en dépit de la récupération, organisée dans quelques usines, d'une partie de l'éther répandue dans l'atmosphère.

La récupération de l'éther n'était qu'un cas

particulier du problème général de la récupération des solvants volatilisés dans l'atmosphère des ateliers, qu'il fallut aborder dans nombre d'autres industries.

II. — Poudres B

Les poudres B (poudres sans fumée, poudres propulsives) résultent de la gélatinisation, par divers solvants (mélange alcool-éther, acétone, etc.), du coton-poudre, mélange de nitrocelluloses résultant de la nitration du coton. Le solvant ayant été éliminé en majeure partie, le produit fini n'en renferme qu'une faible proportion, nécessaire d'ailleurs au maintien des propriétés caractéristiques de la poudre.

Le plan de mobilisation, conçu (en France comme en Allemagne) pour une guerre de courte durée, avait prévu la fabrication journalière de 24 tonnes. Au fur et à mesure que la guerre se prolongeait, les besoins allaient en augmentant sans cesse, et dans d'énormes proportions. En juillet 1917, le programme journalier était voisin de 500 tonnes. La production totale, pendant la durée des hostilités, a été de 310.000 tonnes, auxquelles se sont ajoutées 120.000 tonnes venues des Etats-Unis.

Indiquons, à titre de comparaison, que la poudre propulsive des Anglais, la cordite, constituée par un mélange de nitrocellulose (60 °/₀) et de nitroglycérine (30 °/₀), gélatinisé par l'acétone (ou aussi par le mélange alcool-éther), dont on fabriquait, avant la Guerre, 15 tonnes par jour (la majeure partie destinée à la marine), atteignit, au cours des hostilités, une production journalière de 300 tonnes.

Quels que soient les soins apportés à leur fabrication, les poudres B sont toujours des produits instables, se décomposant spontanément et lentement dès la température ordinaire, avec dégagement de divers gaz : gaz carbonique, oxyde de carbone, azote, protoxyde d'azote, bioxyde d'azote, méthane, hydrogène. Il est possible de ralentir l'altération et, par conséquent, de prolonger la « vie » de ces poudres, en leur incorporant de petites quantités de matières telles que l'alcool amylique, l'urée, la diphénylamine, etc. Avant la Guerre, les poudres B étaient stabilisées, en France, à l'alcool amylique ou à la diphénylamine. Au cours des hostilités, la stabilisation des poudres destinées à l'artillerie de terre, étant donnée la rapidité de la consommation, devenait pratiquement inutile, et l'on ne stabilisait guère que les poudres destinées à la marine, qui devaient séjourner plus ou moins longtemps dans les soutes des navires, sous des latitudes très diverses, et souvent à des températures sensiblement supérieures aux températures les plus élevées qui s'observent dans nos contrées.

III. — Explosifs proprement dits

I. — Ce sont les explosifs brisants, destinés au chargement des projectiles. Ils sont généralement constitués par des hydrocarbures aromatiques nitrés ou des phénols nitrés (les torpilles et les mines sous-marines sont chargées avec un explosif brisant tout différent, le coton-poudre, qui constitue, comme nous venons de le voir, la base des poudres B).

La distillation de la houille, dans les fours à coke métallurgique, avec récupération des sous-produits, est la source ordinaire des hydrocarbures aromatiques et des phénols. Si, en Allemagne, on en produisait d'énormes quantités principalement en vue de la fabrication des matières colorantes, cette industrie était bien précaire en France, et il fallut en hâte installer les cokeries avec dispositif de récupération. Aussi, au début, extrayait-on le benzène et le toluène des benzols anglais. Dans la suite, on augmenta sensiblement la production par le débenzolage du gaz d'éclairage, que l'emploi des becs à incandescence permettait de priver de ses hydrocarbures sans trop affaiblir le pouvoir éclairant.

Malgré tout, la distillation de la houille ne fournissait pas des quantités suffisantes de benzène et de toluène, et il fallut avoir recours à certains pétroles, plus particulièrement ceux de Bornéo, qui renferment des proportions intéressantes de ces deux hydrocarbures (ainsi que de xylène), et que les Allemands avaient d'ailleurs traités déjà pour le même objet.

Le benzène C^6H^6 a servi surtout à préparer le phénol, C^6H^5OH, dont la nitration conduisait à la mélinite (acide picrique ou trinitrophénol $C^6H^2(OH)(NO^2)^3$. On fabriqua ainsi jusqu'à 250 tonnes de phénol par jour [1], alors qu'avant la Guerre la production quotidienne était d'une tonne, destinée d'ailleurs non pas à la fabrication de la mélinite, mais à celle de médicaments chimiques (produits salicyliques). Outre l'acide sulfurique nécessaire à la sulfonation, les opérations consommèrent, entre autres produits, d'énormes quantités de soude caustique, dont il fallut assurer la fabrication ; une partie fut obtenue par caustification du carbonate de soude, et le reste par électrolyse du sel marin. Le résidu de la fabrication du phénol était principalement formé de sulfite de soude, dont une partie trouvait son emploi pour quelques rares usages

1. Une seule usine (Société chimique des Usines du Rhône) en produisait 150 tonnes par jour.

(purification de la tolite), et dont le reste était généralement jeté à la rivière.

On organisa aussi l'extraction du phénol (ainsi que des crésols) du goudron de houille, ce qui augmenta encore la production.

Avant la guerre, on fabriquait environ une tonne de mélinite par jour, avec du phénol qui d'ailleurs venait de l'étranger. Au cours des hostilités, la capacité de production journalière a pu atteindre 500 tonnes. La production totale pendant la guerre a été de 230.000 tonnes. En Angleterre, la production atteignit 150 tonnes par jour.

Pour la tolite (trinitrotoluène) $C^6H^2(CH^3)(NO^2)^3$, la production initiale était minime (150 kg par jour). Elle monta peu à peu jusqu'à 60 tonnes par jour. La production totale a été de 40.000 tonnes. En Angleterre, la production annuelle s'éleva jusqu'à 160 tonnes par jour.

II. — Bien d'autres matières explosives ont encore été fabriquées. Outre la poudre noire ordinaire et la nitroglycérine[1] (dynamite), dont on faisait largement usage, avant la Guerre, dans l'armée et pour les travaux de mines; outre le nitrocrésol (crésylite) et le nitroxylène (xylite); outre les panclastites, mélanges de peroxyde d'azote[2] et de sulfure de carbone ou d'hydrocarbures, dont on chargeait des bombes d'avion; outre le fulminate de mercure (pour amorces), il y a lieu de mentionner tout spécialement la production de 130.000 tonnes d'explosifs nitratés (dont le type était un mélange de nitronaphtalène et de nitrate d'ammoniaque) et de 100.000 tonnes d'explosifs chlorates (destinés surtout aux besoins du génie, pour la guerre de sape).

III. — On ne pouvait espérer que le maniement de si énormes quantités de substances, entre toutes dangereuses, s'effectuerait sans accidents. De terribles catastrophes se produisirent, qui firent sur place et au loin de très nombreuses victimes[3].

Plusieurs furent causées par l'explosion de stocks de mélinite. On incrimina, outre les incendies, la présence de traces de picrates métalliques, parmi lesquels le picrate de plomb est plus particulièrement dangereux. On fut amené ainsi à proscrire d'une manière absolue, dans les fabriques de mélinite, l'emploi du plomb sous quelque forme que ce fût (tuyauterie, appareils, produits).

Signalons également que la présence de carbures éthyléniques, dans les hydrocarbures des panclastites pour bombes d'avion, provoqua parfois des explosions prématurées; leur élimination préalable, par un traitement chimique spécial, dut être rigoureusement assurée.

IV

L'aperçu qui précède, les chiffres de production dont nous l'avons illustré, sont suffisamment éloquents. Sous l'impulsion éclairée de la Direction générale des Poudres, l'effort a été considérable tant dans l'Industrie privée que dans les Etablissements de l'Etat, et le résultat obtenu a été magnifique.

Voici, pour terminer, quelques indications sur le personnel. La composition du personnel d'encadrement des poudreries se trouvait être la suivante au moment de l'armistice :

Inspecteurs généraux militaires : 8 (dont 4 du cadre de réserve);
Ingénieurs militaires des Poudres : 36 (dont 13 Directeurs d'Etablissement);
Agents techniques, agents chimistes et agents comptables militaires des Poudres : 120.
Sous-agents techniques militaires des Poudres : 278.
Ingénieurs auxiliaires : 14 (dont 2 chimistes);
Officiers détachés : 195 (dont 24 médecins et pharmaciens et 7 chimistes);
Chefs de division : 652 (dont 131 chimistes);
Chefs de brigade : 652 (dont 70 chimistes);
Chimistes de laboratoire : 58;
Ouvriers : 90.000 (contre 7.000 en temps de paix).

Le Service des Poudres et Explosifs a subi, quant à son mode général de fonctionnement, une évolution continue presque jusqu'à la fin des hostilités. Nous donnons ci-dessous un aperçu de son organisation, au moment du plein rendement, avec les noms d'un certain nombre de personnes, citées un peu pêle-mêle, qui se sont occupées des études ou des fabrications.

Directeur général des services : M. le Contrôleur général Mauclère, avec, comme adjoint, le Contrôleur général Ducru; comme conseiller technique, l'Inspecteur général Barral; comme chefs de service, l'Inspecteur général Biju-Duval, les Ingénieurs en chef des Poudres Patart, Briotet et Vennin; les Ingénieurs au Corps des Mines Breynaert et Solente; l'Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées Grimpret.

Inspecteurs ou Ingénieurs des Poudres, Officiers divers du cadre actif : MM Vieille (l'illustre inventeur de la poudre B), Hérisson-Laparre, Lheure, Thibeaudeau, Dautriche, Kœhler, Ribaillier, Robert, Blanc, Prangey, Marqueyrol, Olié, Caron, Muraour, Hascoët, Argant, Loriette, Chartron, Billardon, Bruley, etc.

Civils ou mobilisés : MM. Haller (Président de la Commission des Substances explosives), Berger, Pascal, Lefèvre, Béhal, Sabatier, Lespieau, Mailhe, Blaise, Moureu, Binder, Grignard, Cavalier, Ader, Guyot, Freysse, Lemoult, Kling, Grillet, Poulenc, Enselme, Hennebutte, Carré, Darzens, Loyer, Auger, Landrieu, Valeur, Fauconnier, Sommelet, Masson, Leroux, Marquis, Freundler, Landrin, Rogemont, Mignonac, Tissier, Delange, Bourion, Butterlin, Dubrisay, Jolibois, Courtois, de Nervo, etc., etc.

Ch. Moureu,
Membre de l'Institut,
Professeur au Collège de France.

1. La glycérine était obtenue, selon le procédé classique, par saponification des corps gras.

2. On préparait le peroxyde d'azote NO^2 en réduisant les acides résiduaires de la fabrication du coton-poudre par le soufre à douce température. On en produisait ainsi, au moment de l'armistice, une trentaine de tonnes par jour, correspondant à près de 50 tonnes de panclastite.

3. Parmi les plus glorieuses victimes, nous mentionnerons M. Lemoult, Professeur de Chimie à la Faculté des Sciences de Lille, qui périt dans la catastrophe de la Pallice, due à l'explosion de plusieurs centaines de tonnes de mélinite (1er mai 1916). Nous devons également un souvenir spécial à M. Dautriche, Ingénieur des Poudres de la plus haute valeur, qui fut tué à Chedde, au début de la guerre (1914), par l'explosion d'un important stock d'un explosif perchloraté en cours de fabrication.

LA TREMPE ET LE REVENU DES PRODUITS MÉTALLURGIQUES

CINQUIÈME PARTIE : CONCLUSIONS GÉNÉRALES[1]

I. — Théorie de la Trempe

§ 1. — Les faits établis

Nous n'avons pas à rappeler ici les conclusions auxquelles nous avons été conduits à la fin des chapitres consacrés d'une part à la trempe, d'autre part au revenu. Cependant il nous paraît indispensable de résumer en quelques mots les faits établis par l'expérience :

1° *Au point de vue trempe :*

a) Les effets obtenus par refroidissement d'un produit métallurgique proviennent de ce que, à la température de trempe, la constitution n'est pas la même qu'à la température ordinaire ; ceci correspond généralement au passage par un point de transformation.

b) Ce refroidissement a pour effet :

soit de maintenir intégralement l'état stable à chaud (structure polyédrique) ;

soit de produire un constituant aciculaire, extrêmement divisé (structure martensitique) ;

soit de faire naître un constituant se colorant très aisément en noir par les acides et qui est irrésoluble (structure troostitique) ;

soit d'amener le métal à un état correspondant à un mélange de ces structures, avec parfois la présence d'un des éléments proeutectoïdes.

c) L'obtention de l'une de ces trois structures dépend directement :

de la composition du métal,

de la vitesse de refroidissement,

de la température de trempe.

Il n'est pas toujours à la volonté de l'expérimentateur d'obtenir les unes ou les autres de ces structures. C'est ainsi que l'on ne peut jamais obtenir avec les aciers ordinaires la structure entièrement polyédrique (austénite pure).

d) A la structure polyédrique correspond toujours un adoucissement ou tout au moins un non-durcissement de l'alliage ;

A la structure martensitique correspond toujours le durcissement maximum du métal ; son importance varie avec la composition du métal et les conditions de trempe ;

A la structure troostitique correspond toujours une dureté faible, quoique plus forte que celle du même alliage recuit.

e) La structure polyédrique n'est autre que la solution solide existant à température élevée.

La structure martensitique est plus difficile à définir : dans l'état actuel des recherches effectuées, on peut préciser les points suivants : la martensite ne se produit que si les alliages présentent un eutectoïde, c'est-à-dire qu'à température ordinaire l'alliage est formé de deux phases $\alpha + \beta$, et à température élevée d'une phase unique γ ; la martensite serait alors constituée par une solution solide instable du constituant β dans le constituant α, renfermant probablement un peu de γ.

La structure aciculaire provient de ce que la transformation qui s'opère dans le métal a lieu à basse température, par conséquent à un moment où les résistances passives sont très importantes : le dépôt a lieu, dans ces conditions, suivant des directions déterminées, des plans cristallographiques qui sont les quatre faces d'un octaèdre, les produits métallurgiques cristallisant généralement dans le système cubique.

La structure troostitique doit être considérée comme un agrégat des constituants $\alpha - \beta$, mais à un état extrêmement divisé ou, comme l'on dit souvent, à l'état colloïdal.

f) Les différentes structures correspondent à des positions très nettes des points de transformation au refroidissement.

La structure polyédrique n'est obtenue que si la transformation est supprimée au refroidissement.

La structure martensitique se produit lorsque la transformation a lieu entre 350° et la température ordinaire.

La structure troostitique correspond à une transformation située un peu au-dessous du point de transformation normal au refroidissement. Mais il est nettement prouvé que le passage de la troostite à la martensite ne se fait pas progressivement, mais bien avec dédoublement de la transformation ; avec certaines vitesses de refroidissement, on obtient un mélange des deux constituants ; on note alors deux transformations au refroidissement, l'une dans le voisinage du point de transformation normal, l'autre vers 350°.

Bien entendu, la localisation de la transformation à une température déterminée dépend de la vitesse de refroidissement, de la composition du métal, de la température de trempe et, pour certains alliages, de la durée de chauffage.

1. Voir les quatre premières parties de cet article dans la *Revue générale des Sciences* des 15 et 30 juillet, 15-30 août et 15-30 septembre 1920.

Enfin, on conçoit que, la structure martensitique se produisant toujours entre 300-350° et la température ordinaire, la troostite ne se formant que si la transformation a lieu à température plus élevée, la production de ces constituants est essentiellement fonction de la position de l'eutectoïde, que notamment un alliage est quasi-trempé si cet eutectoïde est placé au-dessous de 350°, et que l'on ne puisse pas obtenir d'eutectoïde résolu, mais bien une véritable troostite, lorsque la position de l'eutectoïde est voisine de 500°.

2° *Au point de vue revenu :*

L'alliage se transforme pour revenir progressivement à l'état stable à température ordinaire.

Dans le cas d'alliages correspondant à un eutectoïde :

la structure polyédrique se transforme en martensite, à basse température;

la martensite se transforme en un constituant qui, par de très nombreux côtés (coloration facile aux acides, aspect micrographique), rappelle la troostite ; on le dénomme généralement sorbite ; rien ne permet de distinguer nettement deux phases en ces deux constituants. Tous les deux paraissent bien être un produit colloïdal.

Cette transformation martensite-sorbite se fait entre 400 et 600°. Si donc le point eutectoïde est bas, il se peut que la transformation soit supprimée et que l'on passe directement de la martensite aux constituants pro-eutectoïdes.

En tout cas, le passage à ces constituants se fait avec microstructure aciculaire, dite de Widmanstætten, du moins si l'on n'est pas dans le voisinage de l'eutectoïde même.

Dans le cas d'alliages ne correspondant pas à un eutectoïde (cas du duralumin), les phénomènes ne paraissent plus être tout à fait les mêmes ; le métal trempé est à structure polyédrique; le métal revenu ne paraît pas présenter de structure différente du métal trempé, du moins n'a-t-on pu mettre encore une structure différente en évidence. Lorsque la température de revenu est supérieure à 200°, il y a adoucissement; on note seulement une attaque plus rapide à la soude étendue.

Ici la micrographie ne donne, en somme, aucun résultat intéressant. Il est probable que l'état de division des constituants est tel que les grossissements utilisés (1.000 diamètres) sont insuffisants.

Volontairement nous avons généralisé les conclusions précédemment indiquées, nous réservant d'indiquer plus loin les points encore obscurs.

§ 2. — Les théories

L'exposé de tous ces faits nous a conduits lentement, mais sûrement, aux théories de la trempe.

Nous sommes ainsi bien loin de l'époque à laquelle allotropistes et carbonistes formaient deux sectes bien distinctes, ne voulant en quoi que ce soit se faire quelque concession. Les premiers soutenaient que seules les formes allotropiques du fer étaient la cause de la trempe ; les seconds affirmaient que seules les transformations du carbone permettaient les résultats obtenus dans le brusque refroidissement. Aujourd'hui, à la clarté si vive jetée sur les phénomènes de trempe par leur généralisation, on doit dire que les uns et les autres avaient raison : c'est, en effet, nous le savons, à l'existence à température élevée d'une solution de carbone dans le fer, solution qui s'opère dans le fer γ et non dans le fer α, que l'on doit les phénomènes de trempe.

Mais il reste cependant un point à expliquer : pourquoi la martensite, formée d'une solution instable de fer α et de carbone avec un peu de fer γ, est-elle dure, alors que, pris dans les mêmes proportions, le fer α + l'eutectoïde fer α-carbure d'une part, et le fer γ d'autre part, ne jouissent pas des mêmes propriétés ?

Notons de suite que ces propriétés de la martensite se retrouvent partout où nous la rencontrons : bronzes d'aluminium, bronzes ordinaires, etc.

1° Cette dureté de la martensite peut être attribuée à l'état de division des constituants, prouvé par la micrographie, et surtout à la forme aciculaire du dépôt (microstructure de Widmanstætten).

D'une part, en effet, on sait que l'état de division des constituants a une grande influence sur la dureté : à un eutectique ou à un eutectoïde correspond très souvent un maximum de dureté.

Des travaux faits sur les alliages de cadmium-zinc par Glasincow et Matwereff ont prouvé un maximum de dureté à l'eutectique.

D'autre part, MM. Portevin et Bernard[1] ont examiné l'influence de la coalescence sur les propriétés des produits métallurgiques : un bronze renfermant 85,65 % de cuivre et 15,85 % d'étain, chauffé pendant 10 heures entre 500° et 475°, a vu sa dureté diminuer de 111 à 95 ; un acier à 0,80 % de carbone, chauffé pendant 30 heures à 700°, a donné un chiffre de Brinell de 178 au lieu de 231 (la résilience passe de 4,1 à 2,8). Le rassemblement des constituants diminue donc la dureté.

1. *Revue de Métallurgie*, 1915, Mémoires, p. 147.

M. Henry Le Chatelier[1] a fait noter que la grandeur des tensions superficielles croît très rapidement avec la petitesse des dimensions des éléments en contact, et a indiqué que l'ascension capillaire de l'eau, négligeable dans un tube de verre de 1 mm. de diamètre, peut développer une pression de 15 atmosphères dans un tube de 1/10.000 de millimètre de diamètre.

Les propriétés du duralumin paraissent bien confirmer cette façon de voir.

2° On peut attribuer les propriétés de la martensite à l'état d'écrouissage du métal, état nettement prouvé par l'existence des tensions internes et qui provient, au moins en partie, de ce que, au refroidissement, la partie périphérique est froide, lorsque le métal subit la transformation (vers 350° avec production de martensite) et se dilate.

Cette théorie a été émise dès 1895 par M. André Le Chatelier[2], à la suite des travaux de M. Charpy sur la variation des propriétés des aciers trempés. Tresca avait déjà invoqué en 1884 l'écrouissage pour expliquer les phénomènes dus à la trempe, mais d'une façon imprécise[3].

Avec cette théorie, la dureté ne devrait se produire que dans les alliages se dilatant en passant par le point de transformation; d'autre part, le maximum de dureté est à la surface et non vers le centre, comme le voudrait cette théorie.

On a donc été conduit à faire souvent un parallélisme entre les propriétés des produits écrouis et des produits trempés.

Nous n'insisterons pas sur la généralisation des phénomènes d'écrouissage qui atteint tous les produits métallurgiques, hormis ceux dont la température de recuit complet est inférieure à la température ordinaire ; l'écrouissage est donc un phénomène universellement présenté par les produits métallurgiques. Mais il nous paraît intéressant, si ce n'est nécessaire, de résumer quelques-unes des déterminations faites :

Osmond et Werth ont montré que l'écrouissage diminue un peu la densité de l'acier[4].

Maurer[5] a précisé que du fer à 0,14 % de carbone, écroui, présente une anomalie de densité à 150° ; qu'un acier à 0,4 % écroui la présente à 250°. D'autre part, le fer écroui conserve sa dureté jusque vers 250° ; elle décroît d'une façon sensiblement proportionnelle jusqu'à 800° (Maurer).

1. *Revue de Métallurgie*, 1906, Mémoires, p. 153.
2. *Bull. de la Soc. d'Encourag.*, 1895, et *Revue de Métallurgie*, 1906, Mémoires, p. 210.
3. *Comptes rendus*, 25 août 1884.
4. Théorie cellulaire de l'acier. *Annales des Mines*, 8 sér., vol. VII, p. 5 ; 1885. Un fil passant de 5,4 mm. de diamètre à 3,45 a vu sa densité varier de 7,839 à 7,796.
5. *Revue de Métallurgie*, 1908, Mémoires, p. 721.

Nous avons cité l'influence concordante de la trempe et de l'écrouissage sur la position du point Curie dans les ferronickels.

Nous avons étudié la variation des propriétés mécaniques dans un grand nombre de produits métallurgiques écrouis, et nous avons noté que parfois il y avait bien une augmentation de R et de E au début du revenu, mais que dans le recuit des aciers les courbes n'avaient pas du tout la même allure que pour le revenu des aciers trempés.

Goerens[1] a montré que l'écrouissage diminue la conductibilité, diminue la rémanence, accroît l'attaquabilité (d'ailleurs, numériquement, les résultats ne sont pas les mêmes que dans la trempe), mais n'apporte pas d'autres changements à la structure que des déformations plus ou moins accusées.

Enfin, il semble bien que l'écrouissage augmente le module d'élasticité, tandis qu'au contraire la trempe le diminue légèrement.

On peut donc dire que, si l'écrouissage modifie certaines propriétés dans le même sens que la trempe, il en diffère essentiellement par certains points, notamment la microstructure ; ceci n'empêche nullement l'écrouissage d'avoir une certaine part dans les résultats définitifs de la trempe.

D'ailleurs ne peut-on pas admettre que la martensite possède les propriétés spécifiques d'un constituant nouveau : la solution instable fer α-carbone dans le cas des aciers, α-β dans le cas général ?

Quoi qu'il en soit, dans le cas actuel on ne peut décider la part qui revient à ces différentes explications ; cependant vers la première théorie semblent incliner les faveurs d'un grand nombre de ceux que préoccupent ces questions.

§ 3. — Les points à préciser

On voit que, malgré les études innombrables qui ont été faites sur ces questions de la trempe et du revenu, bien des points restent encore à préciser :

a) Il faut confirmer, mieux que cela n'a été fait encore, la généralisation des principes établis sur les alliages de fer et de carbone, en prenant comme base tous les alliages présentant l'eutectoïde.

b) On doit généraliser aussi les faits nouvellement affirmés pour certains alliages d'aluminium. Bien d'autres produits présentent, en effet, des diagrammes analogues, notamment divers alliages de plomb.

c) Il reste à confirmer d'une façon plus complète

1. *Iron and Steel Institute*, 1911 ; *Revue de Métallurgie*, 1913, Mémoires, p. 606.

la part de l'écrouissage dans les propriétés du métal trempé.

d) Il faut enfin lever les doutes qui subsistent pour certaines constatations, notamment dans

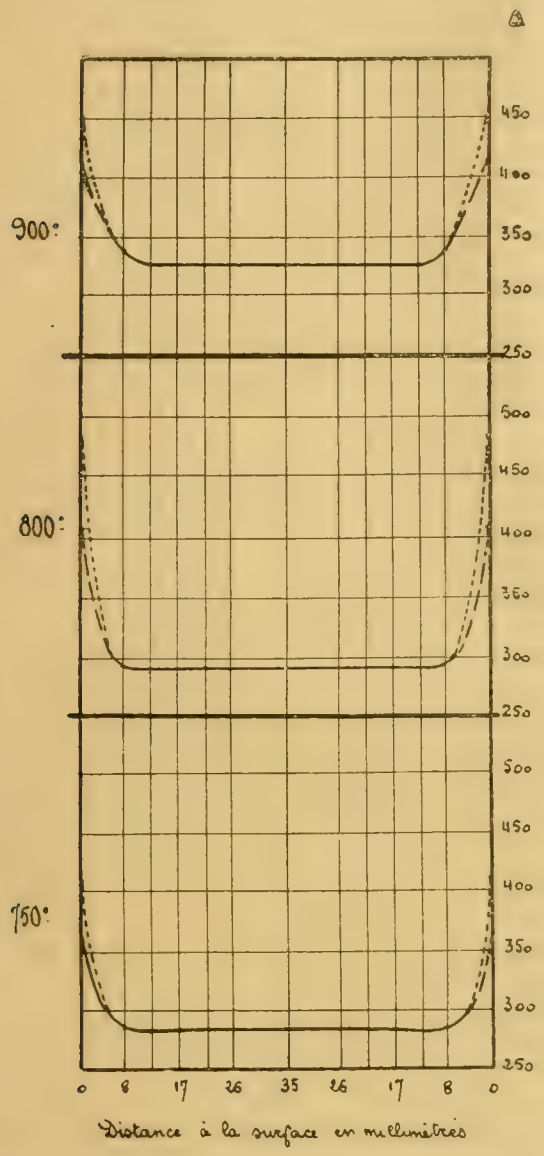


Fig. 118. — *Variation de la dureté (chiffre de Brinell) du centre à la périphérie dans des barres d'acier nickel-chrome demi-dur trempé à l'huile.*

——— Δ sur coupe perpendiculaire à l'axe.
— — — Δ sur la surface cylindrique.
------ Δ sur la base trempée du cylindre.

les variations de dilatation, de magnétisme et de structure des aciers trempés et revenus.

II. — Conséquences industrielles des théories de la trempe et du revenu

Sans doute l'industrie n'a-t-elle point attendu l'édification, même incomplète, des théories de la trempe et du revenu, pour utiliser sur une très large échelle ces traitements.

Mais cependant il est indéniable que toutes les précisions désirables n'ont pénétré l'atelier que grâce aux recherches récentes. Encore faut-il ajouter que certains points récemment mis en

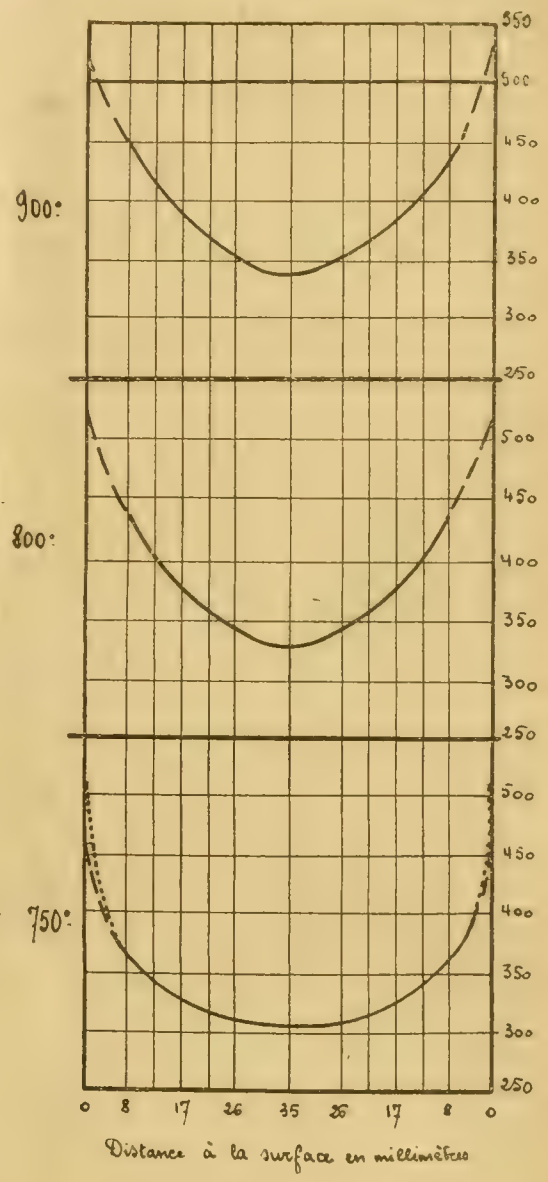


Fig. 119. — *Variation de la dureté dans le même acier trempé à l'eau.*

lumière ne paraissent pas avoir suffisamment profité aux différentes fabrications.

Les principales conséquences des recherches que nous venons d'exposer sont les suivantes :

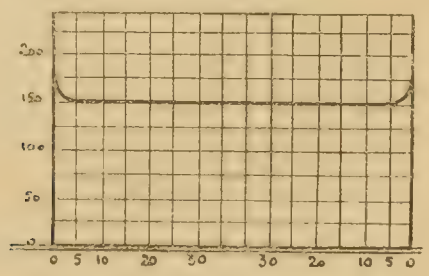
1° *Au point de vue température de trempe :*

a) la nécessité bien connue de tremper au-dessus du point de transformation (condition impérative pour avoir la réaction caractéristique de la trempe) ;

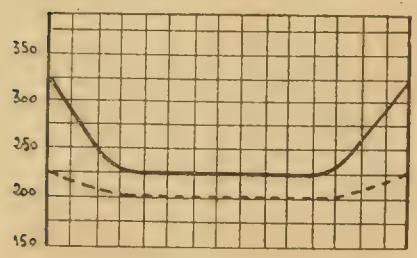
b) l'intérêt de ne pas exagérer la température de trempe au-dessus de ce point de transformation

(production d'un métal surchauffé, accentuation des déformations, et obtention d'un métal moins dur, par suite de la production d'austénite dans le cas d'une grande vitesse de refroidissement), excepté dans le cas d'une réaction lente (aciers à coupe rapide) ;

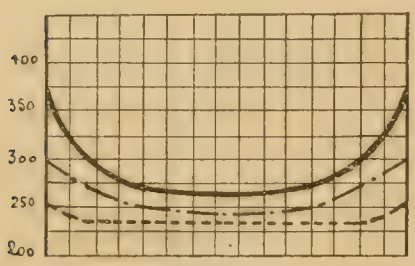
c) l'obligation, dans le cas d'une vitesse de refroidissement faible (trempe à l'huile, à l'air), de ne pas tremper trop près du point de transformation (afin d'éviter la production de troostite sans martensite, même en surface).



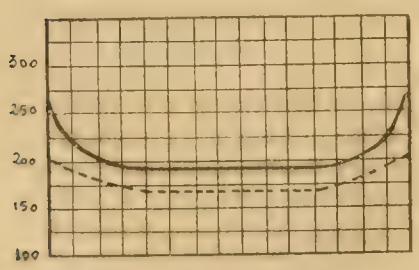
Acier au carbone doux (R = 45 kg.).
—— Trempe à l'eau à 900° et revenu à 450°.



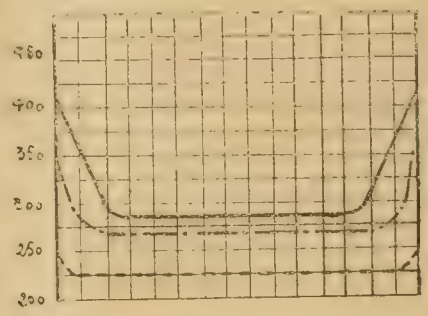
Acier au carbone demi-dur (R = 62 kg.).
—— Trempe à l'eau à 875°.
- - - - Trempe à l'eau à 875° et revenu à 550°



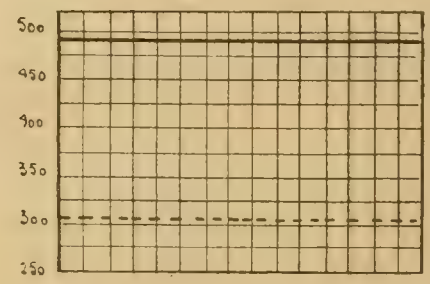
Acier au carbone dur (R = 72 kg.).
—— Trempe à l'eau à 850° ; - - - *Id.* avec revenu à 550° ; —·—· Trempe à l'huile à 850°.



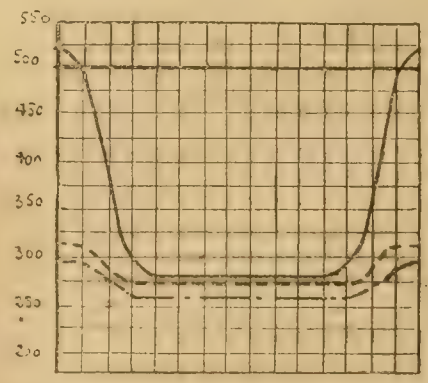
Acier au nickel mi-doux (R = 52 kg.).
—— Trempe à l'eau à 850° ; - - - *Id.* avec revenu à 550°.



Acier nickel-chrome demi-dur (R = 62 kg.).
—— Trempe à l'eau à 850°.
- - - *Id.* avec revenu à 550°.
—·—· Trempe à l'huile à 850°.



Acier nickel-chrome auto-trempant (R = 95 kg.).
—— Trempe à l'air à 850°.
- - - *Id.* avec revenu à 550°.



Acier mangano-siliceux (R = 80 kg.).
—— Trempe à l'eau à 900°.
- - - Trempe à l'huile à 900°.
—·—· Trempe à l'huile à 900° avec revenu à 550°.

Fig. 120. — *Influence de la composition du métal sur la pénétration de trempe dans une série d'aciers.* En abscisses, distance à la surface en mm. (chaque division vaut 5 mm.); en ordonnées, duretés Brinell Δ.

2° *Au point de vue durée de chauffage :*

la nécessité d'une durée de chauffage minimum (réaction complète), surtout dans le cas d'aciers à carbure complexe (aciers à coupe rapide).

3° *Au point de vue vitesse de refroidissement :*

a) l'existence, pour chaque produit métallurgique, d'une vitesse de trempe critique pour obtenir l'effet optimum de trempe (cet effet peut ne pas être un maximum de dureté, cas du duralumin) ;

b) l'obligation de régler cette vitesse et de ne pas l'exagérer, sans quoi la trempe pourrait ne

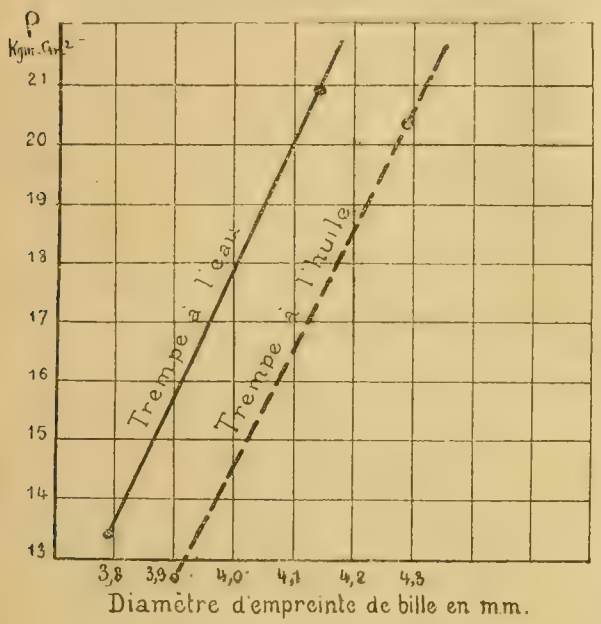


Fig. 121. — *Rapports de la dureté avec la résilience après revenu, sur des pièces de dimensions moyennes* ($d = 70$ mm.).

pas atteindre le but visé (production d'austénite et de dureté moindre dans les aciers).

4° *Au point de vue choix du métal :*

a) la corrélation entre la composition du métal et la vitesse critique de trempe ; d'où l'existence d'alliages durcissant par trempe avec les conditions de vitesse de refroidissement les plus variées, des produits s'adoucissant dans certaines conditions et prenant leur dureté par revenu;

b) la corrélation entre la composition du métal et la pénétration de trempe, celle-ci étant, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus élevée que la vitesse critique est plus faible. D'où l'emploi de produits complexes, notamment d'aciers auto-trempants.

Pour bien montrer cette influence de la composition du métal sur la pénétration de trempe, nous donnons une série de courbes montrant la variation de dureté (chiffres de Brinell) du centre à la périphérie (barres de 70 à 75 mm. de diamètre) :

a) d'après M. Portevin (travaux non publiés), sur un acier nickel-chrome, non trempant à l'air et dont les caractéristiques à l'état recuit sont les suivantes :

R = 52 kg. ; E = 39 ; A % = 26, Zi = 35,5 ; Δ = 184 ; ρ = 13,

et ayant pour composition chimique :

C = 0,30 ; Ni = 2,60 ; Cr = 0,77 ; Mn = 0,25 ; Si = 0,27 ; S = 0,02 ; P = 0,02.

Les courbes donnent les pénétrations de trempe à l'eau et à l'huile faites à 750° et à 800°. On trouve évidemment que la trempe faite à l'eau possède une pénétration beaucoup plus élevée (fig. 118 et 119 ;

b) d'après le récent catalogue, si intéressant, publié par MM. Schneider et Cie, sur divers aciers dont les compositions ne sont pas connues ; mais on peut dire que le premier est un acier au carbone de nuance douce (R = 45 kg. à l'état recuit) ; le second est un acier au carbone de nuance demi-dure (R = 62 kg.) ; le troisième, un acier au carbone de nuance dure (R = 72 kg.) ; le quatrième, un acier au nickel (R = 52 kg.) ; le cinquième, un acier nickel-chrome (R = 62 kg.) ; le sixième, un acier nickel-chrome auto-trempant (R = 95 kg. au maximum de revenu), et le septième, un acier mangano-siliceux (R = 80 kg. à l'état recuit) (fig. 120).

5° *Pour le revenu :*

a) l'intérêt de ce traitement au point de vue des caractéristiques mécaniques ; nous avons noté spécialement le maximum de résilience vers 600°.

Il faut bien remarquer que, de l'état après trempe, dépend la valeur de la résilience après revenu. Dans une étude non encore publiée, M. Portevin a montré que, à même dureté de revenu, la résilience est plus élevée après trempe à l'eau qu'après trempe à l'huile (fig. 121). Ceci toutefois ne doit pas faire oublier les risques que peut faire encourir avec certains aciers la trempe à l'eau, notamment les tapures.

Il faut ajouter l'importance du revenu au point de vue homogénéisation. A ce sujet, nous citerons un des exemples très nets que nous avons donnés dans notre Mémoire sur le traitement thermique des obus [1] :

Voici des schémas donnant la variation des diamètres d'empreinte de bille (bille de 10 mm. sous pression de 3.000 kg.) après trempe d'une part, et après trempe et revenu, parfaitement définis, d'autre part, chaque ligne correspondant au même obus (fig. 122).

b) la disparition progressive des tensions par

1. Mémoire publié par la *Revue de Métallurgie*, et tenu secret pendant les hostilités.

l'effet de ce traitement, du moins si le revenu n'est pas terminé par une trempe.

c) la nécessité de ce traitement pour obtenir — du moins dans certains cas — l'effet de durcissement de trempe (par disparition de la phase stable à température élevée et maintenue par trempe, spécialement dans le duralumin qui constitue le cas extrême).

On voit ainsi tous les résultats que l'industrie peut encore puiser dans les études qui se poursuivent et on peut justement dire que l'étude théorique de la trempe et du revenu, qui compte parmi les questions ayant donné lieu aux travaux systématiques les plus nombreux, constitue l'un des meilleurs exemples de la répercussion des recherches de laboratoire sur les progrès de l'industrie.

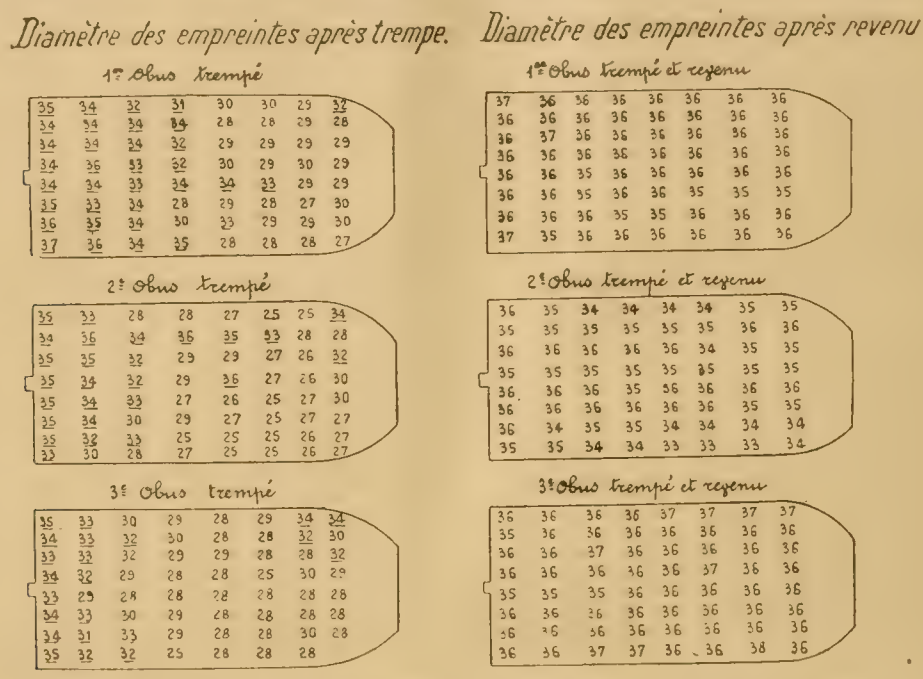


Fig. 122. — *Variation de la dureté dans des obus, après trempe et après trempe et revenu, montrant l'homogénéisation produite par le revenu.*

Léon Guillet,

Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers et à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures.

DES PRINCIPES PHYSIOLOGIQUES QUI DOIVENT PRÉSIDER A TOUTE ÉTUDE DE LA LUMIÈRE

PREMIÈRE PARTIE

PRINCIPE GÉNÉRAL

Se rappeler que la lumière ne représente qu'un effet exercé sur les organismes par certaines catégories de radiations, et qu'il n'existe donc pas à proprement parler une étude physique de la lumière, mais seulement une étude physique des radiations en rapport avec la notion physiologique de la lumière.

C'est exprimer une banalité que de rappeler le caractère physiologique de la lumière ; mais non une banalité superflue, car ce sont parfois les choses les plus évidentes que l'on oublie le plus facilement.

Notre connaissance du monde ayant son point de départ dans les sensations, il n'est pas étonnant que la Physique soit en rapports étroits avec les données sensorielles. Mais, si l'impression de chaleur a pu faire découvrir l'énergie calorique, l'étude de celle-ci s'est faite au moyen de révélateurs objectifs ; la mesure des niveaux thermiques, des températures, est devenue tout à fait indépendante des sensations spécifiques, tandis que, pour la lumière, c'est toujours la

sensation spécifique qui sert de révélateur, c'est toujours elle qui sert à la mesure des grandeurs établies dans ce domaine. La lumière n'est pas autre chose, en effet, qu'une sensation, qu'un processus psycho-physiologique qui n'a pas d'équivalent adéquat. Les radiations capables de déclancher ce processus sont aussi susceptibles de provoquer divers phénomènes chimiques, électriques, etc., mais ces phénomènes peuvent être provoqués par des radiations non lumineuses, ou peuvent ne l'être pas par des radiations lumineuses.

L'importance pratique de la lumière dans la vie humaine explique pourquoi les physiciens n'ont pas purement et simplement renoncé à l'étude de la lumière en tant que telle, et se sont acharnés à traiter, parallèlement aux autres problèmes physiques corrects, un problème fondamentalement mal posé, juxtaposant par exemple des unités de lumière[1] aux unités de longueur, de masse, etc.

Seulement, il est nécessaire qu'en étudiant la lumière, les physiciens aient constamment à l'esprit cette donnée fondamentale qu'ils étudient un phénomène psychophysiologique, qu'ils font de la physiologie — trop souvent sans le savoir — et que, dès lors, il leur faut faire appel à des données physiologiques.

L'étude de la lumière exige une étroite collaboration de la Physiologie et de la Physique et, faute de cette collaboration, des erreurs sont souvent commises.

Il y a à l'heure actuelle, en Amérique, un grand nombre de travailleurs qui se sont attelés à la question de la lumière, avec le souci pratique de l'éclairage rationnel, et qui utilisent les ressources de laboratoires industriels, comme celui de l'Eastman Kodak Company, ou le Nela Research Laboratory de la General Electric Company; on voit se faire un certain rapprochement des biologistes et physiciens, qui aboutira sans doute à la fusion indispensable.

En France, où la lumière reste trop exclusivement le domaine réservé de la Physique, il ne m'a pas paru inutile de réunir toute une série de données acquises par la physiologie de la vision, et que l'on ne peut ignorer ou méconnaître si l'on veut, à un point de vue quelconque, étudier correctement les questions relatives à la lumière.

1. Il est bien certain que la lumière — processus physiologique — ne croît pas en proportion directe de l'énergie apportée par une radiation; sa variation est complexe, et, dans une certaine marge, en première approximation, elle se fait en proportion du logarithme de l'énergie d'excitation (loi de Weber-Fechner). Dès lors, une unité de lumière utilisée en photométrie se montre en désaccord avec les quantités réelles, car une intensité de 100 bougies, par exemple, n'est pas 10 fois l'intensité d'une bougie, et ne représente pas beaucoup plus du double. Si l'on parlait d'unités d'irradiation, on ne s'exposerait pas aux erreurs et aux confusions impliquées par l'emploi d'unités lumineuses!

PRINCIPES PARTICULIERS

I

La lumière est fonction, non de l'énergie atteignant la cornée, mais de l'énergie atteignant les éléments sensibles de la rétine.

§ 1. — Justification

Du moment que la lumière est correctement envisagée comme un phénomène physiologique qui débute au niveau de la rétine, il est bien évident que ce n'est qu'après traversée de l'appareil optique de l'œil que l'énergie de radiation interviendra pour donner naissance au phénomène « lumière ». Or cet appareil optique absorbe une certaine quantité d'énergie, et son absorption varie suivant les radiations qui le traversent; elle est sélective.

En outre, il se produit une perte par réflexion quand les radiations abordent la cornée et les divers milieux oculaires.

D'autre part, les milieux oculaires sont susceptibles d'émettre des radiations, par transformation d'énergie : il se produit en particulier une fluorescence sous l'influence des rayons ultraviolets.

Enfin, le diaphragme irien règle le diamètre du faisceau de radiations qui pénètre dans l'appareil, et par conséquent ses variations entraînent des variations de l'énergie reçue, variations qui sont pratiquement fonction du carré du rayon de l'ouverture pupillaire, c'est-à-dire de la surface de cette ouverture.

En outre, suivant l'angle sous lequel un faisceau de radiations aborde la rétine, l'énergie reçue par unité de surface varie (en fonction du cosinus de l'angle fait avec la normale par la direction du faisceau atteignant la rétine, en vertu de la loi simplificatrice de Lambert).

Il s'agit là de données optiques sur lesquelles il suffit d'attirer l'attention. Un seul facteur physiologique intervient : c'est la variation de l'ouverture pupillaire, et il a été souvent négligé, par exemple lorsqu'on a déterminé les minima d'énergie capables de provoquer une sensation lumineuse. On néglige d'ailleurs toujours dans ce cas de déduire les pertes par absorption ou réflexion.

Prentice Reeves[1] a fait récemment des recherches par la méthode photographique sur les variations pupillaires moyennes chez 7 ou 8 sujets en fonction des intensités d'éclairement, et sur la

1. *Psychological Review*, 1918, t. XXV, p. 330-340.

vitesse de ces variations. Il trouve à l'obscurité un diamètre de 8,5 mm.; à 0,001 millilambert[1], correspondant à la luminosité nocturne, de 7,2 mm.; à 10 ml., correspondant à une lumière du jour d'intérieur, de 4 mm.; à 1.000 ml., correspondant à la lumière du jour moyenne, de 2,8 mm.; enfin à 2,000 ml., de 1,9 mm. Le rétrécissement à la lumière se fait en 5 secondes environ, la dilatation à l'obscurité exige au moins 5 minutes. Mais les différences individuelles sont considérables. Dès lors, l'application à un cas particulier de ces résultats moyens comporte une assez forte marge d'erreur. En outre, chez un même individu, il y a des variations de réactivité, par suite de phénomènes de fatigue en particulier[2], et il existe des variations pupillaires bien connues sous l'influence des phénomènes cérébraux (travail intellectuel, émotions, etc.), ainsi que des variations accommodatives.

§ 2. — Conséquences

Du fait de l'absorption sélective par les milieux oculaires, résulte une inégale utilisation, au niveau de la rétine, des diverses radiations : c'est ainsi que les radiations dites ultra-violettes, que l'atmosphère absorbe en deçà de 300$\mu\mu$, ne traversent la cornée, le cristallin et le corps vitré qu'au delà de 400$\mu\mu$[3].

Les opérés de la cataracte, privés du cristallin qui absorbe les rayons les plus proches de 400$\mu\mu$, reçoivent des rayons dits ultra-violets capables d'engendrer de la lumière. On n'a appelé ultra-violets les rayons aux environs de 400$\mu\mu$, invisibles à l'œil normal, qu'à cause de cette invisibilité même ; or celle-ci n'était due qu'à leur incapacité de parvenir à la rétine. Inversement, des rayons de plus courte longueur d'onde, non susceptibles d'engendrer le phénomène « lumière » directement, pour l'homme du moins[4], peuvent le faire indirectement en suscitant une fluorescence des milieux oculaires, une émission de radiations secondaires de plus grande longueur d'onde.

Cela montre combien il est dangereux de négliger la traversée de l'œil et d'envisager l'énergie de radiation qui atteint la cornée comme celle qui constitue la lumière.

L'influence du diaphragme irien, d'autre part, se montre très considérable, puisque, par une variation du diamètre pupillaire de 2 à 8 mm. seulement, l'énergie pénétrant dans l'œil varie de 1 à 16. Cela justifie la notion d'une unité vraiment physiologique de la lumière, comme le « photon » de Troland[1].

Dans les mesures du minimum d'énergie susceptible d'engendrer une sensation de lumière, on a parfois négligé le diamètre pupillaire ; plus souvent on a adopté des valeurs tout à fait conventionnelles (3 mm. pour Drude par exemple) ; récemment, on s'est soucié des valeurs expérimentales, mais en se bornant à des valeurs moyennes, comme Ives qui se base sur 6 mm., comme Curtis, comme Reeves enfin, et Buisson[2], qui admet une valeur de Reeves (8 mm.), ce dernier seul ayant procédé à des déterminations directes au cours de ses recherches[3].

Or les différences individuelles sont assez grandes pour que cette dernière manière de procéder soit seule correcte.

Comme il est difficile de mesurer le diamètre pupillaire au moment des déterminations, et qu'il faut éliminer les variations possibles d'origine cérébrale et accommodative, on peut utiliser une pupille artificielle, de diamètre inférieur à celui de la pupille irienne, afin de connaître exactement le faisceau pénétrant dans l'œil.

Cette précaution devrait être d'emploi très général pour les études sur la lumière, d'autant

1. Le « lambert », unité adoptée en 1915 par l'« Illuminating Engineering Society », est « the brightness » d'une surface diffusive parfaite réfléchissant ou irradiant 1 lumen par centimètre carré. C'est une unité de luminosité, d'éclat, de « brillance », suivant la traduction de Blondel (*C. R. Ac. des Sc.*, t. CLXX, p. 93-97 ; 1920) ; c'est l'éclat exprimé en unité de flux et non en unité d'intensité : 1 bougie par centimètre carré vaut π lamberts.

2. Schlesinger : Ueber den Schwellenwert der Pupillenreaktion und die Ausdehnung des pupillomotorischen Bezirkes der Netzhaut. *Deutsche medizinische Wochenschrift*, 1913, n° 4, p. 163.

3. E. K. Martin ; The effects of ultra-violet Rays upon the eye. *Proceed. of the Royal Society* (*Londres*), sér. B, t. LXXXV, p. 319-329 ; juillet 1912. Le corps vitré absorbe une large bande de rayons entre 250 et 280 $\mu\mu$, la cornée ne laisse rien passer au-dessous de 295 $\mu\mu$ et le cristallin au-dessous de 400 $\mu\mu$.

4. On sait qu'un grand nombre d'Invertébrés, Insectes, Crustacés, etc., se montrent sensibles à des irradiations ultra-violettes. Maintenant y a-t-il action directe ou indirecte par fluorescence induite, c'est ce qui reste encore douteux.

1. L. T. Troland : Apparent brightness, its conditions and properties. *Transact. of the Illum. Engin. Society*, t. XI, p. 947-966 ; 1916. Le photon représente « l'intensité de l'illumination rétinienne qui accompagne la fixation directe, avec accommodation adéquate, d'un stimulus de petite surface dont l'éclat photométrique, déterminé par comparaison selon la méthode du papillotement avec l'étalon chez un sujet normal, est une bougie par mètre carré, si la surface de la pupille externe effective, considérée comme placée dans le plan nodal de l'œil, est de un millimètre carré ».

2. H. Buisson : La limite de sensibilité de l'œil et le minimum de puissance perceptible visuellement. *Journal de Physique*, 1917, p. 68-74.

3. Prentice Reeves : The minimum radiation visually perceptible. *Astrophysical Journal*, t. XLVI, p. 167-174 ; 1917. Cet auteur trouve au seuil 0,0072 millilambert, correspondant, pour une surface pupillaire de 0,54 cm², à $17,1 \times 10^{-10}$ ergs-seconde d'énergie entrant dans l'œil, en négligeant les pertes, considérables, par réflexion et absorption.

que la pupille agit à une sommation d'excitations sur l'ensemble de la rétine et que, si l'on procède à une évaluation lumineuse, par une méthode photométrique par exemple, en regardant des plages limitées avec fixation centrale, il suffira de variations dans l'éclairage latéral pour modifier l'ouverture pupillaire et changer ainsi les conditions d'observation.

II

L'intensité de la « lumière » engendrée par une radiation donnée[1] *est une fonction complexe de cinq variables :* a) *la quantité totale d'énergie atteignant les éléments sensibles de la rétine ;* b) *la densité de cette énergie dans l'espace* (*en rapport avec le nombre d'éléments sensibles se partageant la réception de l'énergie totale*) ; c) *la densité dans le temps* (*en rapport avec la durée sur laquelle se disperse la quantité totale d'énergie*) ; d) *l'irradiation préalable de la rétine en grandeur et en durée* (*« adaptation » et persistance de la lumière après la cessation de l'irradiation, persistance qui est elle-même fonction de l'énergie d'irradiation, et fonction complexe de la région rétinienne excitée, de l'état d'adaptation de la rétine, etc.*) ; e) *la région rétinienne réceptrice ; et elle est fonction, en outre, de plusieurs variables accessoires, parmi lesquelles l'action simultanée d'autres excitations, soit sur le même œil, soit sur l'autre, des oscillations physiologiques, etc.*

§ 1. — Justification

Si nous envisageons une radiation d'une certaine longueur d'onde, entre 450 et 600 $\mu\mu$, par exemple, on peut penser que l'effet de l'irradiation rétinienne, le phénomène physiologique « lumière », est fonction simple de l'énergie reçue par la surface sensible. En réalité, il s'agit d'une fonction très complexe.

Evidemment intervient *la concentration ou la dispersion de l'énergie sur une certaine surface réceptrice*. C'est là une notion bien connue, en rapport avec la définition de l'« éclat » des surfaces éclairantes, correspondant à l'intensité physiologique du processus « lumière ». Si un flux, un faisceau de rayons, est dispersé ou concentré de manière à irradier des surfaces rétiniennes variant de 1 à 10, on admet que — mise à part la grandeur superficielle de l'image — l'intensité de l'impression lumineuse variera inversement de 10 à 1. En réalité, il n'en est pas ainsi, et il n'y a pas une exacte proportionnalité inverse entre l'intensité physiologique et la surface de réception d'une même quantité d'énergie. Nous allons voir que la correction à apporter est elle-même fonction de plusieurs des variables que nous allons envisager maintenant. Et tout d'abord *la durée d'irradiation*.

Les premières recherches sur le rapport de l'effet lumineux d'une certaine énergie de radiation avec la durée de l'irradiation furent celles de Richet et Bréguet en 1878[1], puis de Bloch qui trouva, entre 2 et 50 σ environ, que l'énergie — produit de l'intensité lumineuse par la durée d'action — susceptible de provoquer le seuil de la sensation de lumière était constante, c'est-à-dire que le temps d'action n'agissait pas comme tel[2].

La loi de Bloch peut se formuler ainsi :

$$it = a,$$

i étant l'intensité d'excitation lumineuse, t le temps, a une constante.

Cette loi n'est autre que la loi photochimique de Bunsen-Roscoe[3], d'après laquelle la vitesse d'une réaction photochimique est proportionnelle à la quantité d'énergie de rayonnement.

Cette loi a été trouvée valable pour les phototropismes des végétaux[4]. Lœb a, dès lors, fait des recherches sur le phototropisme des divers Invertébrés, et, trouvant également que la loi de Bunsen-Roscoe s'y applique[5], il en conclut qu'il y a identité entre les tropismes animaux et végétaux, et que sa théorie du phototropisme comme résultante motrice directe d'une dissymétrie

1. Il s'agit ici, non de lumière blanche, résultant de l'action d'un faisceau complexe de radiations, mais de lumière monochromatique, indépendamment de la couleur.

1. *C. R. Soc. de Biologie*, t. XXX, p. 308.

2. Bloch : Expériences sur la vision. *C. R. Soc. de Biologie*, t. XXXVII, p. 493 ; 1885.

3. Bunsen et Roscoe : *Annalen der Physik und Chemie*, t. CXVII, p. 529-562 ; 1862.

4. H. Blaauw : The intensity of light and the length of illumination in the phototropic curvature in seedlings of *Avena sativa*. *Proc. R. Ak. v. Wet.* Amsterdam, 1908. — Die Perzeption des Lichtes. *Rec. de trav. bot. néerlandais*, t. V, p. 209-377 ; 1909. — P. Froeschel : Untersuchung über die heliotropische Präsentationszeit. *Sitzungsber. des K. Ak. von Wiss. Wien, Mathem. Naturw. Kl.*, t. CXVII, p. 235-256, 1908 ; t. CXVIII, p. 1247-1294 ; 1909.

5. J. Lœb et W. F. Ewald : Ueber die Gültigkeit des Bunsen-Roscoe'schen Gesetzes für die heliotropische Erscheinung bei Tieren. *Centrabl. f. Physiologie*, t. XXVII, p. 1165-1168 ; 1914. — J. Lœb, J. H. Northrop : Heliotropic animals as photometers on the basis of the validity of the Bunsen-Roscoe law for heliotropic reactions. *Proced. of Nation. Ac. of Sciences*, t. III, p. 539-544 ; 1917. — J. Lœb et H. Wasteneys : On the identity of heliotropism in animals and plants. *Ibid.*, t. I, p. 44-47 ; 1915. — A reexamination of the applicability of the Bunsen Roscoe law to the phenomena of animal heliotropism. *Journ. of exper. Zoology*, t. XXII, p. 177-192 ; 1917. — J. Lœb : *Forced movements, tropisms and animal conduct*, chapitre IX, p. 83-94 ; 1918. — Cf. aussi Patten : A quantitative determination of the orienting reaction of the Blowfly larva (*Calliphora erythrocephala* Meigen). *J. of. exp. Zool.*, t. XVIII, p. 213-280 ; 1916. — An analysis of certain photic reactions. I. The reactions of the Blowfly larva to opposed beams of light. *Am. J. of. Physiology*, t. XXVIII, p. 313-338 ; 1915. — S. Hecht : The photic sensibility of *Ciona intestinalis*. *J. of general Physiology*, t. I, p. 147-166 ; 1918.

d'action photochimique dans un organisme symétrique se trouve vérifiée[1].

Mais il se trouve, d'une part que la loi de Bloch n'est qu'une première approximation encore grossière, d'autre part que la loi de Bunsen-Roscoe elle-même n'est pas davantage considérée comme exacte pour les réactions photochimiques, et qu'elle ne doit très probablement pas l'être non plus, si les déterminations sont assez précises, pour les phototropismes animaux et végétaux.

En ce qui concerne la rétine, Bloch avait immédiatement noté que la constante d'énergie liminaire ne valait que pour des temps courts et qu'une fois atteinte une certaine durée, limite de la sommation, l'intensité liminaire ne s'abaissait plus par allongement de l'excitation, l'énergie liminaire s'accroissant dès lors proportionnellement à l'accroissement même de la durée d'irradiation. Charpentier vérifiait la loi de Bloch[2] et précisait la limite de sommation, notant que la constance d'énergie n'était plus exacte aux environs de cette limite, qu'il fixa d'abord à 0 sec. 10, puis à 0 sec. 20[3], en accord avec des déterminations de Mac Dougall[4].

Récemment Blondel et Rey, reprenant la question, trouvèrent qu'il se produisait une perte d'énergie progressive au fur et à mesure que cette énergie s'étalait sur une durée plus grande, et qu'ainsi l'excitation lumineuse était obtenue d'autant plus économiquement que l'irradiation était concentrée sur un temps d'action plus court. A la loi de Bloch, ils substituèrent la loi linéaire :

$$it = a + bt,$$

dans laquelle i représente l'intensité d'éclairement, t le temps, a une constante mesurant l'énergie minima limite, et b une constante indiquant le taux de déperdition, la fuite d'énergie au cours du temps[5].

Cette expression de la loi, un peu différente de celle adoptée d'abord par les auteurs, est celle de la loi établie pour l'excitation des nerfs en fonction de la quantité d'électricité liminaire, loi de Hoorweg et de Weiss, et que Hoorweg reconnut dans le travail de Blóndel et Rey[1].

Mais la loi de Hoorweg-Weiss ne représente, pour le nerf, qu'une approximation entre certaines limites de durée. Elle doit revêtir, d'après les recherches de Lapicque, une forme plus complexe. Il en est de même pour la loi de Blondel et Rey en matière d'excitation de la rétine par rayonnement. Avant Blondel et Rey, Grijns et Noyons avaient constaté que l'énergie liminaire passait par un minimum pour des durées de 2 à 3 σ, augmentant pour les temps plus courts

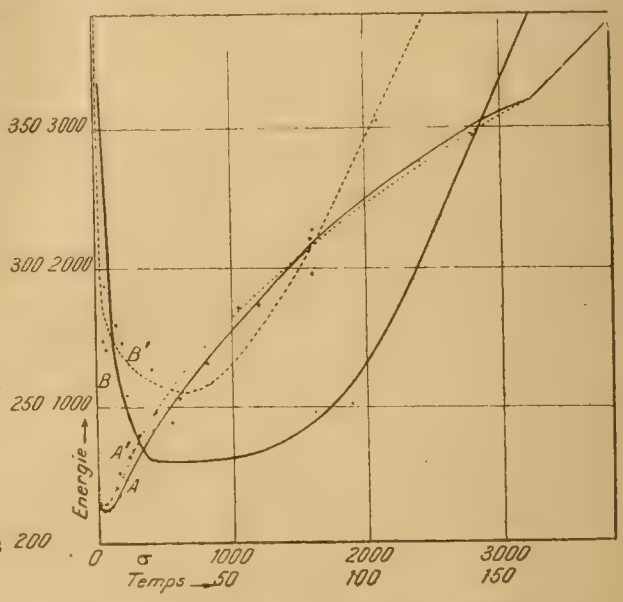


Fig. 1. — *Courbes de variation de l'énergie liminaire en fonction du temps d'action de la lumière, en vision fovéale* (recherches personnelles). Trait plein : adaptation à la lumière. Trait pointillé : adaptation à l'obscurité. A et A' courbe d'ensemble ; B et B' : portion initiale grossie.

et pour des temps plus longs[2], tout comme l'énergie liminaire dans l'excitation électrique des nerfs. Récemment, de quelques chiffres donnés par Prentice Reeves ressort aussi une augmentation d'énergie liminaire pour des temps de quelques σ, après réalisation d'un minimum[3].

Mes recherches personnelles sur la question des temps d'action m'ont montré (fig. 1) que l'énergie liminaire, quand on partait de temps très courts, diminuait, passait par un minimum assez étalé correspondant à la loi de Bloch, puis augmentait en suivant la loi de Blondel et Rey,

1. Le sophisme qui consiste à conclure d'un mécanisme possible de réception à un mécanisme de réaction est évident; si on le tenait pour une déduction valable, on devrait généraliser la conclusion et affirmer que le mécanisme par lequel on déclare qu'une plage est plus ou moins lumineuse qu'une autre n'est autre que le mécanisme du phototropisme de Loeb, étant donnée la loi de Bloch.

2. A. Charpentier : La loi de Bloch relative aux lumières de courte durée. *C. R. Soc. de Biologie*, t. XXXIX, p. 3 ; 1887.

3. *Traité de Physique biologique*, t. II, p. 849-851 ; 1903.

4. W. Mac Dougall : The variation of the intensity of visual sensation with the duration of the stimulus. *British Journal of Psychology*, t. II, p. 151-189 ; 1904.

5. A. Blondel et J. Rey : Sur la perception des lumières brèves à la limite de leur portée. *Journal de Physique*, 6e sér., t. I, p. 530-550; 1911.

1. J. L. Hoorweg : Sur la perception des lumières brèves. *Journal de Physique*, 5e sér., t. II, p. 177-181; 1912.

2. G. Grijns et A. K. Noyons : Ueber die absolute Empfindlichkeit des Auges für Licht. *Archiv für Physiologie*, 1905, p. 25-25.

3. Prentice Reeves : The effect of size of stimulus and exposure time in retinal threshold. *Astrophys. Journal*, t. XLVII, p. 141-145; 1918.

enfin gagnait une limite de sommation, comme l'avaient vu Bloch, Charpentier, Mac Dougall, etc., limite pouvant atteindre 2 à 3 secondes[1]. Blondel et Rey ont soutenu qu'il n'y avait pas de limite de sommation, en quoi ils ont commis une erreur physiologique.

La loi réelle de variation de la quantité d'énergie capable d'engendrer une lumière d'une certaine intensité est donc une loi très complexe. Il en est ainsi pour l'excitation électrique des nerfs, et il en est ainsi également pour les phénomènes photochimiques, la loi de Bunsen-Roscoe ayant fait place à des lois nombreuses, mais toujours inadéquates[2]; là encore l'énergie capable de donner un certain effet quantitatif, en fonction de durées d'action croissantes, décroît, passe par un minimum, puis croît, mais indéfiniment et sans limite de sommation, à la différence du phénomène physiologique[3]. Si l'on veut réellement déterminer la quantité minima absolue d'énergie susceptible de donner la sensation de lumière, il faut donc utiliser, comme l'ont fait Grijns et Noyons, une durée d'excitation optima correspondant au minimum d'énergie.

Ainsi la durée d'excitation, au-dessous d'une certaine limite, modifie l'effet physiologique d'une irradiation donnée suivant une modalité complexe; mais elle agit encore au-dessus de cette limite. Les recherches de Broca et Sulzer ont montré que des excitations de longue durée avaient un effet physiologique moindre, engendraient une sensation lumineuse moins intense que des excitations de durée limitée[4]; l'effet d'une irradiation prolongée s'accroît par sommation suivant une loi complexe en fonction du temps, puis, avant d'atteindre un régime durable, dépasse passagèrement ce régime, la différence entre le maximum et le régime stable augmentant avec l'énergie d'irradiation. Ajoutons enfin que le régime durable comporte en réalité une décroissance progressive légère, qui peut être considérée comme un phénomène de fatigue. Ainsi la notion de temps d'action de l'irradiation est absolument capitale et ne doit jamais être négligée, d'autant plus qu'elle peut encore intervenir pour modifier l'influence de la surface rétinienne irradiée.

A. Charpentier[1] aurait constaté que, pour une surface à peu près onze fois plus grande qu'une autre (carrés de 5 mm. et de 1,5 mm. de côté), le seuil de lumière nécessitait, par unité de surface, une énergie de rayonnement onze fois moindre en excitation continue[2] et pas même deux fois moindre en excitation brève (2 σ).

Les choses se passent comme si, dans certaines conditions tout au moins, sur lesquelles nous allons revenir, il se produisait une sommation des effets physiologiques subis dans les éléments sensibles voisins, une sommation en surface, impliquant, selon Charpentier, un certain temps, et diminuant lorsque le temps lui-même diminue. Mais j'ai trouvé moi-même, dans certaines conditions, un phénomène inverse, en sorte que l'action de la durée sur la sommation spatiale, qui est réelle, nécessite encore des recherches pour être précisée.

Outre ces facteurs propres à l'excitation, énergie, densité de l'énergie dans l'espace et dans le temps, il en est qui concernent le mécanisme physiologique de réception, et dont certains ont une importance considérable.

En premier lieu, il importe de tenir compte des *conditions préalables de l'irradiation rétinienne*. Lorsque l'œil a été maintenu à l'obscurité, le seuil d'excitabilité rétinienne s'abaisse progressivement, ce qui veut dire qu'une même énergie d'excitation, avec la même densité spatiale et temporelle, produit un effet physiologique plus grand, engendre une lumière plus intense. C'est ce qu'on appelle *l'adaptation* à l'obscurité. L'allure de l'augmentation de sensibilité, ou de l'abaissement des seuils en fonction du temps d'adaptation, est encore discutée.

Pour Charpentier[3], ce serait la loi de refroidissement d'un corps chaud qui s'appliquerait (la vitesse de variation étant à chaque instant proportionnelle à la différence entre la valeur actuelle et la valeur limite); pour Piper[4], la loi

1. Cf. H. Piéron : De la variation de l'énergie liminaire en fonction de la durée d'excitation pour la vision fovéale. *C. R. Ac. des Sc.*, t. CLXX, p. 525; 1920. — De la variation... pour la vision périphérique. *Ibid.*, p. 1203.

2. Lasareff adapte la loi de Blondel et Rey à sa théorie photochimique (décomposition du pourpre rétinien) de la vision crépusculaire (Theorie des Lichtreizung beim Dunkelschen. *Arch. f. die ges. Physiol.*, t. CLIV, p. 459-469; 1913).

3. On trouvera à ce sujet toute une série d'indications dans les travaux suivants : V. Henri et J. Larguier des Bancels : Photochimie de la rétine. *Journal de Physiologie*, p. 847-849; 1911. — Ferree et G. Rand : Radiometric apparatus for use in psychological and physiological Optics. *Psychol. Monograph.*, 1917.

4. André Broca et D. Sulzer : La sensation lumineuse en fonction du temps. *Journal de Physiologie*, t. IV, p. 632-640; 1902.

1. A. Charpentier : Influence de la surface sur la sensibilité lumineuse dans le cas des lumières instantanées. *C. R. Soc. de Biologie*, t. XL, p. 536; 1888.

2. En excitation continue, pour des surfaces de grandeur angulaire inférieure à 35′ (soit un diamètre rétinien de $0^{mm},16$), il y aurait sommation, à peu près sans perte, de la totalité de l'énergie d'irradiation.

3. A. Charpentier : in *Traité de Physique biologique*, t. II, p. 838-839.

4. H. Piper : Ueber Dunkeladaptation. *Zeitschr. f. Ps. und Ph. der Sin.*, t. XXXI, p. 161-215; 1903.

serait plus complexe; la sensibilité commencerait par croître lentement, puis la croissance s'accélérerait progressivement pour s'amortir assez brusquement en tendant vers un maximum; il s'agirait d'une courbe en S. Etant donnée la fréquence d'un tel type de courbe en Biologie[1], les résultats de Piper ne doivent pas surprendre.

Mais cette courbe en S ne vaut que pour l'augmentation de sensibilité, mesurée par la réciproque du minimum perceptible; la représentation graphique de la décroissance de ce minimum au cours de l'adaptation révèle tout au contraire une chute initiale très rapide, avec amortissement asymptotique.

Dans certaines conditions, la sensibilité rétinienne peut augmenter considérablement, atteindre plusieurs milliers de fois la valeur primitive au bout d'une obscuration de 30 à 60 minutes. Mais, dans les calculs, il faut tenir compte, ce qu'on n'a pas toujours fait, de l'augmentation de l'ouverture pupillaire.

L'adaptation à l'obscurité ne fait que mettre en évidence, en le poussant au maximum, le fait général de la variation de sensibilité rétinienne en fonction inverse de l'irradiation préalable (intensité et durée). Après exposition à une lumière très intense et prolongée, la sensibilité peut diminuer assez pour qu'il se produise pratiquement une véritable cécité par élévation énorme des seuils. Après exposition à une très faible irradiation, la sensibilité se montre supérieure à ce qu'elle est après une exposition à une irradiation plus intense.

Il ne faut donc pas envisager l'adaptation à l'obscurité comme un phénomène isolé, c'est la limite d'une variation continue.

L'adaptation fait varier la sensibilité rétinienne, mais elle modifie aussi l'influence de la répartition de l'énergie d'irradiation dans l'espace et dans le temps.

Au point de vue de la surface d'excitation, la sommation de l'énergie se fait sur un territoire plus large dans une rétine adaptée à l'obscurité, comme l'a constaté Piper[2] : alors que l'abaissement du seuil par accroissement de la surface était insignifiant pour un œil adapté à la lumière, la « puissance d'excitation » d'une surface lumineuse (à même énergie d'irradiation par unité de surface) augmentait, pour l'œil adapté à l'obscurité, proportionnellement à la racine carrée de la grandeur de la surface, c'est-à-dire à sa grandeur angulaire. Toutefois les résultats de divers auteurs ne sont pas en parfait accord, et cela parce que la région rétinienne, la longueur d'onde prédominante des radiations interviennent aussi sans qu'on en ait tenu un compte suffisant. La loi de Ricco, d'après laquelle, en vision fovéale, le produit de la surface par l'intensité est constant dans l'adaptation aux très faibles lumières, vérifiée par Löser[1], coïnciderait avec les résultats de Charpentier : il y aurait sommation totale, sans perte, de l'énergie dispersée sur des surfaces assez petites.

Des recherches récentes de Prentice Reeves, il résulte qu'en réalité, si le seuil s'abaisse en envisageant l'éclat minimum perceptible, quand on augmente la surface d'excitation, dans l'adaptation à l'obscurité, s'il y a donc un phénomène de sommation, celui-ci comporte une perte, et l'énergie totale liminaire, entrant dans l'œil, augmente avec la surface, d'abord vite, puis lentement et enfin plus vite[2]. Les résultats de Reeves donnent des valeurs intermédiaires entre celles de Piper et de Charpentier.

En ce qui concerne la loi de variation des énergies liminaires, en fonction des durées d'excitation, elle est la même en vision fovéale pour les divers états d'adaptation, mais elle se modifie à la périphérie pour l'adaptation à l'obscurité d'après nos recherches personnelles.

Outre l'irradiation générale de la rétine entière qui détermine son niveau de sensibilité dépendant de l'« adaptation », il faut, lorsqu'on recherche l'effet d'une irradiation locale, lorsqu'on détermine, soit le seuil de lumière, soit l'intensité de lumière engendrée[3], tenir compte du temps écoulé entre la nouvelle irradiation et l'irradiation précédente, à cause de la *persistance* de l'« image », c'est-à-dire de la lumière engendrée par une irradiation après la cessation de

1. Waller avait même considéré cette courbe « sigmoïde » comme caractéristique des phénomènes biologiques.

2. Piper : Ueber die Abhängigkeit des Reizwertes leuchtender Objekte von ihren Flächen, bezw. Winkelgrösse. *Z. f. Ps. and Ph. der Sin.*, t. XXXII, p. 98-113; 1903.

1. Cf. A. Kühl : Eine Erweiterung des Ricco'schen Satzes über die Beziehung zwischen Lichtempfindlichkeit und Grosse des gereizten Netzhautbezirks des Fovea. *Z. f. Biol.*, t. LX, p. 481-490; 1913.

2. Prentice Reeves : The effect of size of stimulus and exposure-time on retinal threshold. *Astroph. Journal.*, t. XLVII, p. 141-145; 1918. A 35 cm. une surface de 0 cm² 02 fournit le seuil pour une énergie totale entrant dans l'œil de $25,3 \times 10^{-10}$ ergs par seconde; une surface de 1cm²02 exige 54; une de 4, 91; une de 36, 208; et une de 144, 564. Le produit de l'intensité d'excitation par la valeur angulaire passe par un minimum.

3. Il n'en est pas ainsi si l'on recherche le seuil d'une lumière sur fond lumineux; dans ce cas, on établit un seuil différentiel, on recherche de combien doit être localement augmentée une irradiation pour que l'effet physiologique, la sensation lumineuse, soit elle-même augmentée d'une façon appréciable.

celle-ci[1]. C'est cette persistance qui a été utilisée par le phénakistiscope de Plateau, et par le cinématographe. Or la persitance d'une lumière gêne, inhibe l'apparition d'une lumière nouvelle, en sorte que le même effet apparent d'illumination locale exige une énergie d'irradiation plus grande.

La durée de persistance n'a pas une valeur constante. Elle dépend de l'énergie d'irradiation à densité égale dans le temps et dans l'espace, et se montre d'autant plus courte que cette énergie est plus grande; elle dépend aussi de l'état d'adaptation rétinienne, en tant que celle-ci régit la sensibilité, et, à énergie égale, varie en fonction inverse de la sensibilité; en somme, elle paraît être fonction inverse de l'intensité physiologique de l'irradiation de la lumière[2]. Mais, bien que Schaternikoff[3] ait cru le contraire, il existe une influence spécifique de l'adaptation rétinienne, ne se ramenant pas simplement à celle de la variation corrélative de sensibilité, influence spécifique qui varie elle-même suivant la région rétinienne excitée. D'après les résultats de Knight-Dunlap[4], à intensité physiologique égale, la persistance est plus grande dans l'œil adapté à l'obscurité; mais les expériences antérieures de Lehmann indiquent que la variation serait complexe; dans l'adaptation à une lumière très intense, la persistance serait bien effectivement plus courte que dans l'adaptation à l'obscurité, mais elle serait plus grande dans un état d'adaptation à une lumière moyenne[5].

La grandeur de la surface rétinienne excitée exerce une influence, et, en outre, il y a une influence spécifique de la région rétinienne excitée[6] avec dissymétrie des régions nasale et temporale[1] — en plus de celle qui est due à ce que la sensibilité n'est pas égale sur toute la surface réceptrice.

La rétine est en effet loin d'être homogène; son hétérogénéité est telle que, dans certaines conditions, une région peut être, au même moment, 1.400 fois plus sensible qu'une autre pour une même énergie d'irradiation, de même densité spatiale et temporelle, avec une même adaptation[2].

Les *différences spatiales de sensibilité rétinienne* sont fonction du niveau général de cette sensibilité, dépendant de l'état d'adaptation rétinienne. Elles se constatent au maximum dans l'adaptation complète à l'obscurité[3]. Lorsque l'œil est soumis à une irradiation prolongée, non seulement ces différences diminuent, mais elles peuvent s'inverser.

Les différences spatiales qui traduisent l'extrême hétérogénéité rétinienne se manifestent, non seulement dans la sensibilité, et dans la persistance, comme nous l'avons indiqué, mais encore dans l'influence propre de la répartition spatiale et temporelle de l'énergie d'irradiation.

La sommation de l'énergie reçue sur une certaine surface, qui augmente dans l'adaptation aux moindres irradiations, augmente très inégalement pour des régions périphériques de la rétine et pour des régions centrales. Une variation simple de cette sommation en fonction de l'adaptation ne peut donc valoir que pour une région rétinienne donnée[4].

1. Outre cette persistance immédiate, il existe ce qu'on appelle des images consécutives, qui tiennent seulement à une modification rétinienne d'« adaptation », mais locale. L'adaptation à la lumière, c'est la formation d'une image consécutive durable de toute la rétine et, de ce chef, ignorée. Si une portion rétinienne présente isolément la modification de sensibilité, il se produit une perception spatiale par contraste.

2. La variation se fait en raison inverse du carré de l'intensité lumineuse, d'après Charpentier (Influence de l'intensité lumineuse sur la persistance des impressions rétiniennes. *C. R. Soc. de Biol.*, t. XXXIX, p. 89-92; 1887).

3. Schaternikoff : Ueber den Einfluss der Adaptation auf die Erscheinung des Flimmers. *Zeitschr. f. Ps. und Ph. d. Sin.*, t. XXIX, p. 241-255; 1902.

4. Knight-Dunlap : The shortest perceptible time-interval between two flashes of light. *Psychological Review*, t. XXII, p. 226-250; 1914.

5. A. Lehmann : Sur deux états d'adaptation rétinienne à la lumière. *Bulletin de l'Académie royale des Sciences et Lettres du Danemark*, p. 551-564; 1909.

6. Charpentier croyait que les différences de persistance à la périphérie et au centre de la rétine tenaient uniquement aux différences de sensibilité. Les observations de Woog, qui conclut à une action spécifique, ne sont pas décisives (cf. P. Woog : De la persistance variable des impressions lumineuses sur les diverses régions de la rétine. *C. R. Ac. des Sc.*, t. CLXVIII; 1918, et t. CLXIX, p. 93-94; 1919).

Mais Braunstein a constaté que la persistance qui, dans l'adaptation à l'obscurité, diminue du centre à la périphérie pour les excitations faibles, augmente au contraire pour les excitations intenses; et quand se fait l'adaptation à la lumière, la persistance, d'abord moindre à la périphérie, tend à rattraper les valeurs centrales, par suite d'une augmentation plus rapide; la variation complète montre bien un comportement différent des diverses régions de la rétine (Braunstein : Beitrag zur Lehre des intermittierenden Lichtreizes der gesunden und kranken Retina. *Zeitschr. f. Ps. und Ph. der Sin.*, t. XXXIII, p. 171-207 et p. 241-289; 1903). On doit tenir compte d'une façon générale, quand on étudie l'effet d'irradiations intenses sur une rétine adaptée à l'obscurité, que ces irradiations modifient l'état d'adaptation.

1. Bellarminoff : *Arch. f. Ophtalm.*, t. XXXV, p. 25 : 1889.

2. Von Kries : Ueber die absolute Empfindlichkeit der verschiedenen Net zhautteile im dunkeladaptierten Auge. *Z. für Psych. und Phys. der Sinnesorgane*, t. XV, p. 327-351; 1898.

3. Nous examinons toujours l'action d'une radiation d'une certaine longueur d'onde. Des différences importantes en fonction de la longueur d'onde se manifestent, sur lesquelles nous insisterons plus loin.

4. A la périphérie (à 20° du centre fovéal sur l'arc supérieur d'un grand cercle du champ incliné de 30° sur l'horizontale), la sommation est environ 7 fois plus grande pour l'excitation rouge que pour l'excitation bleue, après adaptation à l'obscurité. (Cf. H. Piéron : De la variation de l'énergie liminaire en fonction de la surface rétinienne excitée pour la vision; périphérique. *C. r. Soc. de Biologie*, t. LXXXIII, p. 753-756; 1920.)

De même, la limite de sommation, les constantes de la courbe de variation d'énergie en fonction de la durée d'excitation, sont modifiées par l'état d'adaptation rétinienne, suivant la région excitée. Toutes les lois déjà complexes, reliant les diverses variables envisagées, ne peuvent s'appliquer telles quelles à la rétine tout entière; il y a une variable locale à faire intervenir.

Enfin, il ne faudrait pas croire que, pour une radiation d'une certaine longueur d'onde, il suffise même de tenir compte de l'énergie totale d'excitation, de sa densité dans l'espace et le temps, de l'irradiation rétinienne préalable et de la région rétinienne excitée. Bien des *facteurs accessoires* seraient encore à signaler, qui sont loin d'être négligeables. Nous n'en citerons que trois : L'existence d'une excitation au niveau des autres régions rétiniennes que celle qui est spécialement examinée exerce un effet inhibiteur sur la sensibilité de cette dernière. En revanche la réception d'une irradiation semblable par la rétine symétrique augmente la sensibilité, sans qu'il y ait sommation des effets physiologiques subis au niveau des deux appareils récepteurs [1]. Le fait de regarder en vision binoculaire une surface émettant un rayonnement abaisse le seuil d'excitabilité lumineuse. Enfin, il faut tenir compte d'oscillations périodiques, ayant une certaine régularité, de la sensibilité rétinienne, telles qu'une surface émettant une énergie de rayonnement par unité de temps juste suffisante pour atteindre le seuil d'excitabilité lumineuse sera perçue et cessera de l'être alternativement, comme un son à la limite d'audibilité [2].

Ces oscillations peuvent aller parfois jusqu'à une suppression complète de sensation, par exemple pour une excitation lumineuse périphérique, qui est inhibée par une impression monoculaire sur laquelle se porte l'attention et disparaît complètement, comme une impression disparate d'un œil, en vision binoculaire, est inhibée par l'impression prédominante de l'autre œil.

§ 2. — Conséquences

La complexité de la relation qui unit l'effet physiologique d'une énergie de radiation donnée à la densité superficielle de cette énergie au niveau de la rétine entraîne quelques difficultés pratiques au point de vue du rôle de l'accommodation et de la distance de l'œil à la source pour la valeur des intensités lumineuses. S'il n'y avait aucune sommation spatiale, l'intensité du processus lumineux, étant proportionnelle à l'énergie atteignant chaque unité de surface (c'est-à-dire, physiologiquement, chaque élément récepteur) dans l'unité de temps, les deux lois physiques suivantes seraient exactes : l'intensité physiologique de la lumière (l'éclat, la clarté) serait maxima pour une accommodation assurant la formation de l'image sur la rétine au foyer de l'appareil optique, et diminuerait, avec le diamètre du cercle de diffusion, avec la distance séparant du plan focal le plan de l'image rétinienne. D'autre part, cette intensité physiologique ne changerait pas quelle que fût la distance de l'œil à la source [1], l'image de celle-ci diminuant comme l'énergie d'irradiation reçue en totalité par la rétine, en raison inverse du carré des distances, d'où une valeur constante de l'énergie reçue par unité de surface.

Mais, s'il y a sommation spatiale, au contraire, l'accommodation est sans influence, et l'éclat diminue en raison inverse du carré de la distance de l'œil à la source. Dès lors, suivant le rôle exact de la surface d'excitation et les limites de sommation spatiale, suivant l'état d'adaptation de la rétine, la durée d'excitation, et la région rétinienne excitée, l'influence de l'accommodation ou de la distance se tiendra entre ces extrêmes, plus ou moins près de l'un ou de l'autre.

Au point de vue de la photométrie, l'influence de la surface, du temps d'action et de la persistance des images, l'hétérogénéité de la rétine, montrent que la comparaison devrait se faire entre deux plages très petites comprises l'une et l'autre sur la fovea, de part et d'autre du point de fixation central, sans déplacement d'œil, pendant un temps limité, avec un intervalle assez grand entre deux observations successives.

Et encore, la fovea même n'a pas une variation de sensibilité rigoureusement symétrique de part et d'autre du point de fixation; les différences ne sont peut-être pas supérieures aux causes d'erreur psychophysiologiques dans l'appréciation d'égalité; mais, pour plus de précision, la comparaison des deux plages devrait se faire deux fois, chacune d'elles occupant successivement la position droite et la position gauche, afin d'adopter une moyenne entre les valeurs obtenues par ces deux comparaisons.

La comparaison successive en un même point de la rétine est rendue impossible en raison de

1. *Cf.* en particulier C. O. Rœlofs et W. P. C. Zeeman : Zur Frage der binokularen Helligkeit und der binokularen Schwellenwerte. *Archiv für Ophtalmologie*, t. LXXXVIII, p. 1.

2. Le regretté Dubuisson avait particulièrement étudié ces oscillations qui varient de fréquence avec l'intensité de la sensation (M. Dubuisson : Les oscillations sensorielles et les variations de leur fréquence en fonction de l'intensité de l'excitant. *Archives de Psychologie*, t. XIII, p. 300-311 ; 1913).

1. Du moins tant que l'image rétinienne garde une surface supérieure à celle d'un élément récepteur.

l'influence perturbatrice excercée par les phénomènes d'irradiation préalable. Quant à la photométrie de papillotement, qui se base sur la persistance des images pour établir l'égalité lumineuse, elle est soumise à des causes d'erreur multiples si l'on ne précise pas les conditions d'observation d'une façon très rigoureuse : l'état d'adaptation de la rétine, l'éclairage latéral, la grandeur des images, la région rétinienne excitée, autant de facteurs propres de variation.

En utilisant, après adaptation à l'obscurité[1], des images petites de grandeur constante[2], en fixation fovéale, sans aucun éclairage latéral, on pourra obtenir pourtant des résultats assez précis pour l'égalisation des lumières, avec cependant la marge d'incertitude psychophysiologique inhérente à l'appréciation d'un seuil, ici le seuil qui sépare le papillotement de l'impression fusionnée continue[3], mais encore sous certaines réserves sur lesquelles nous reviendrons.

position et en grandeur, dans un état d'adaptation défini, n'engendre pas une même lumière quelle que soit la longueur d'onde. Il suffit que cette longueur atteigne 800 $\mu\mu$ pour qu'elle n'engendre même aucune lumière. Il y a, toutes conditions étant ainsi définies, une variation de la

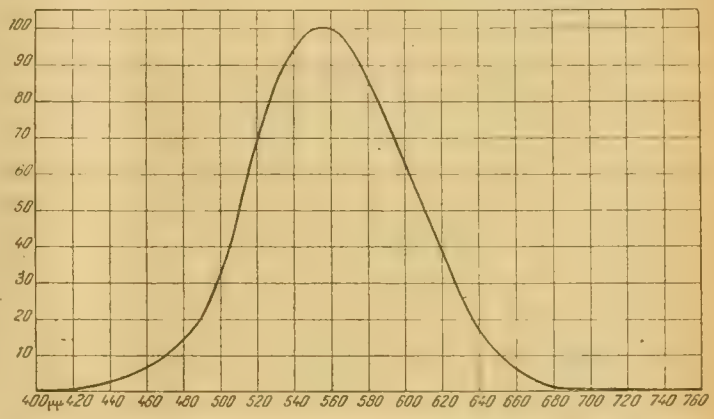


Fig. 2. — *Courbe de visibilité des radiations* (représentant la variation de l'inverse de l'équivalent mécanique de la lumière pour chaque radiation spectrale, l'équivalent étant minimum pour 556 $\mu\mu$, soit 0,0015 watt par lumen). La visibilité maxima est faite égale à 100. (D'après les chiffres étalons de la Commission de la Nomenclature de l'Illuminating Engineering Society, 1918.)

III

L'intensité de la lumière engendrée par un groupe de radiations d'inégale longueur d'onde est fonction complexe, en outre des variables précédentes, de l'énergie relative apportée par les diverses radiations composantes.

§ 1. — Justification

Nous avons envisagé jusqu'ici l'action d'un faisceau homogène de radiations ayant une longueur d'onde déterminée. Mais ce cas n'est jamais réalisé. La lumière est toujours engendrée par un faisceau complexe de radiations de diverses longueurs d'onde, en proportions inégales.

Dès lors intervient un facteur de complication très gênant, nous allons le voir.

En effet, une même énergie atteignant avec une densité spatiale et temporelle donnée une certaine surface de la rétine, déterminée en

sensibilité en fonction de la longueur d'onde. Cette variation a été très étudiée, en particulier dans ces dernières années par les Américains, en tant que « visibilité des radiations ».

On dessine la courbe de sensibilité (d'après les inverses des énergies liminaires) pour les radiations spectrales dans l'ordre de leur dispersion et par conséquent de leur longueur d'onde[1], courbe qui part du zéro à la limite de l'infra-rouge et de l'ultra-violet, — définis tels justement parce que en deçà et au delà du zéro de visibilité, — et qui croît à peu près symétriquement[2] jusqu'à

1. En effet, par augmentation de la grandeur des images, la fréquence nécessaire pour assurer la fusion augmente (Exner, Charpentier).

2. Il ne s'agit pas, comme on le voit exprimé quelquefois, d'une adaptation de « quelques secondes ». L'adaptation exige un séjour à l'obscurité d'une demi-heure au minimum, le temps nécessaire dépendant, avec des différences individuelles, de la durée et de l'intensité de l'éclairage préalable.

3. Il peut exister des constantes individuelles dans la persistance, constantes susceptibles de varier selon l'état physiologique, mais cela ne gêne pas l'appréciation d'égalité, quand la comparaison des persistances se fait chez un individu à un moment donné.

1. Cette courbe n'est pas la courbe de luminosité du spectre, celle-ci étant fonction, d'une part, de la sensibilité aux diverses radiations et, d'autre part, de l'énergie relative de ces radiations, énergie qui, pour le spectre solaire, se distribue d'une façon analogue à la sensibilité rétinienne, après l'absorption atmosphérique. Le maximum, qui doit être au niveau de $\lambda = 500$ quand le rayonnement solaire aborde l'atmosphère, est réalisé pour $\lambda = 590$ à la surface terrestre (Langley : *Researchs on solar Heat*, 1884 ; cité par J. Bosler : *Les théories modernes du soleil. Enc. sc.*, 1910, p. 125-128). La courbe d'énergie solaire correspondant assez bien à la courbe de sensibilité pour les éclairages intenses (voir plus loin), il semble bien qu'il s'est produit une adaptation réalisant l'utilisation maxima de l'énergie de radiation pour en faire de la lumière.

2. La symétrie est plus régulière si l'on tient compte de l'absorption sélective des diverses radiations par les milieux oculaires, et si l'on corrige les énergies d'irradiation oculaire pour envisager, conformément au premier principe, les énergies d'irradiation rétinienne (Troland) ; elle est à peu près parfaite en inscrivant les radiations, non en longueur d'onde, mais en fréquence vibratoire (Ed. G. Priest : The law of symmetry of the visibility function. *Phys. Review*, 1912, p. 498-502).

un maximum situé, en général, aux environs de $\lambda = 550$ (vert), la variation étant telle que la sensibilité est 960 fois plus grande pour $\lambda = 546$ (vert) que pour $\lambda = 660$ (rouge) d'après Pauli [1], 532 fois plus grande à $\lambda = 500$ qu'à $\lambda = 410$ (violet) d'après Hartman (fig. 2).

La complication apportée par cette action spécifique de la longueur d'onde sur la production de l'effet physiologique qu'est la lumière ne serait pas énorme si l'on pouvait établir une fois pour toutes une courbe de visibilité des radiations comme tentent de le faire les auteurs américains [2] (voir tableau I). Malheureusement, là

TABLEAU I. — **Visibilité des radiations. Déterminations moyennes pour une énergie moyenne d'irradiation.**

Longueur d'onde ($\mu\mu$)	Coblentz	Nutting	Ives	Reeves	Illuminating Engineering Society V. relatives	V. absolues (Lumens par watt)
400					0,04	0,3
410					0,12	0,8
420					0,40	2,7
430					1,16	7,7
440					2,3	15
450					3,8	25
460					6,0	40
470					9,1	61
480					13,9	93
490	17,2	22,7	23,5	17,5	20,8	139
500	27,5	33,0	36,3	28,9	32,3	215
510	47,4	47,7	59,6	47,5	48,4	323
520	68,6	67,1	79,4	70,2	67,0	447
530	84,1	83,5	91,2	84,2	83,6	557
540	93,5	94,4	97,7	95,0	94,2	628
550	99,3	99,5	100	99,0	99,3	662
560	98,5	99,3	99,0	97,7	99,6	664
570	93,5	94,4	94,8	89,8	95,2	635
580	83,6	85,1	87,5	80,7	87,0	580
590	71,0	73,5	76,3	67,6	75,7	505
600	58,0	60,5	63,5	54,8	63,1	421
610	44,6	46,8	50,9	40,9	50,3	335
620	31,9	34,2	38,7	29,3	38,0	253
630	21,4	24,7	27,2	19,4	26,2	175
640	14,0	16,3	17,5	12,7	17,0	113
650					10,3	69
660					5,9	39
670					3,0	20
680					1,6	10,7
690					0,81	5,4
700					0,41	2,7
710					0,21	1,4
720					0,10	0,67
730					0,052	0,35
740					0,025	0,17
750					0,012	0,08
760					0,006	0,04

encore une insuffisante préoccupation des données physiologiques conduit à une illusion fâcheuse : *La courbe de visibilité est fonction, en effet, de la région rétinienne excitée, de l'état d'adaptation de la rétine, et de la quantité d'énergie reçue par la rétine dans l'unité de temps sur l'unité de surface.*

La sensibilité maxima est située d'autant plus près de l'extrémité rouge du spectre, est déplacée d'autant plus du côté des grandes longueurs d'onde, que la région rétinienne excitée est plus proche du centre de la fovéa ; elle est située d'autant plus près de l'extrémité violette, déplacée d'autant plus du côté des petites longueurs d'onde, que la région est plus périphérique.

Ces différences topographiques s'accentuent au fur et à mesure de l'adaptation progressive à l'obscurité, qui déplace le maximum vers les brèves longueurs d'onde, d'autant plus qu'il s'agit d'une région plus périphérique de la rétine [1].

Enfin les différences topographiques accrues par l'adaptation sont d'autant plus grandes, et le déplacement du maximum de sensibilité périphérique vers les courtes longueurs d'onde est d'autant plus accentué, que l'énergie d'irradiation de la rétine est moindre.

La différence des courbes de sensibilité sera maxima pour une irradiation considérable de la fovéa après adaptation à une lumière intense, et pour une irradiation juxta-liminaire de la périphérie rétinienne adaptée à l'obscurité. Dans ces conditions extrêmes, le maximum s'approche de $\lambda = 600$-$610\ \mu\mu$ (orangé) pour le premier cas, de $\lambda = 490$-$480\ \mu\mu$ (bleu) pour le second [2].

Le déplacement du maximum entraîne un

1. W. E. PAULI et R. PAULI : Ueber objective Photometrie. *Ann. der Physik*, t. XLI, p. 812 ; 1913.

2. Cf. en particulier : IVES : Studies in the photometry of lights of different colors. *Phil. Magaz.*, t. XXIV, 149-188 ; 1912. — NUTTING : The retinal sensibilities. *Transact. of the Illumin. Engin. Society*, t. XI, p. 15 ; 1916. — W. W. COBLENTZ et W. B. EMERSON : The relative sensibility of the average eye to light of different colors and some practical applications to radiation problems. *Bull. of the Bureau of Standards*, t. XIV, p. 167-237 ; 1918. — PRENTICE REEVES : The visibility of radiation. *Philosoph. Magazine*, t. XXXV, p. 174-180 ; 1918. — E. P. HYDE, F. E. CODY et W. E. FORSYTHE : The visibility of radiation. *Astrophysical Journal*, t. XLVIII, p. 65-88 ; 1918. — L. W. HARTMAN : The visibility of radiation in the blue end of the visible spectrum. *Ibid.*, t. XLVII, p. 83-95 ; etc.

1. L'augmentation relative de la sensibilité aux radiations bleues dans l'adaptation à l'obscurité signifie en même temps une diminution relative dans l'adaptation à des irradiations prolongées, ce qui veut dire que cette sensibilité se fatigue plus vite.

2. PARINAUD : *La Vision*, 1898. — HAYCRAFT : Luminosity and Photometry. *J. of Phys.*, t. XXI, p. 126-146 ; 1897. Un maximum de sensibilité pour $\lambda = 500$ en faible clarté a été trouvé par Charpentier aussi, malgré sa répugnance à admettre une variation de la sensibilité maxima en fonction de l'énergie d'irradiation. Au cours de recherches récentes, Ferree et Gertrude Rand ont observé le déplacement du maximum de sensibilité, mais avec une faible marge des énergies d'irradiation, dans des expériences très rigoureuses (The selectiveness of the eye to wave length, and its change with change of intensity of light. *Studies in Psychology*, 1917). La réaction pupillaire est un réactif qui permet de constater aussi le déplacement de sensibilité rétinienne maxima (de 550 à 600 $\mu\mu$ suivant l'état d'adaptation), d'après ADELSDORFF (Die Änderungen der Pupillenwerte durch verschiedenfarbige Belichtung. *J. f. Ps. und Ph. d. Sin.*, t. XXII, p. 81-96 ; 1900).

déplacement des sensibilités limites ; la visibilité est augmentée dans le rouge et diminuée dans le violet pour le premier cas, et inversement pour le second.

Entre ces extrêmes, toutes les transitions se rencontrent suivant l'énergie d'irradiation, l'état

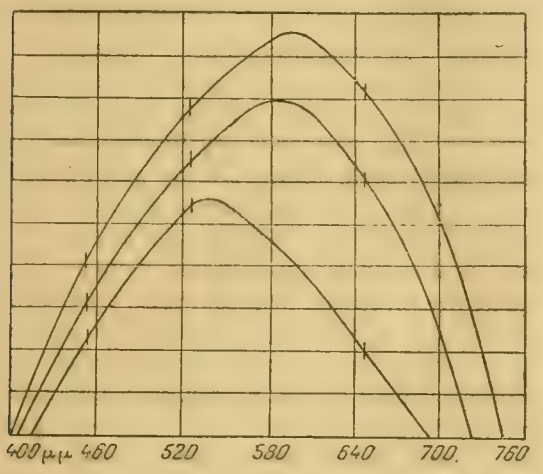


Fig. 3. — *Courbes des luminosités relatives dans le spectre pour 3 niveaux de luminosité* (d'après Haycraft) : *Déplacement du maximum.*

d'adaptation rétinienne, et la région excitée, la valeur moyenne étant généralement fixée à 550-555 μμ (553 pour Reeves).

Au point de vue des différences topographiques, après adaptation à l'obscurité, si l'on fait égale à 1 la sensibilité fovéale au centre pour des radiations longues (rouges) et courtes (bleues), on trouve, à 10° du centre côté nasal, une sensibilité de 0,51 pour les premières, de 1.457 pour les secondes. Pour une égale lumière fovéale, la lumière périphérique est dans le rapport de 1 à 2.900 environ, avec les deux catégories de radiations [1].

D'autre part, *la longueur d'onde a une influence sur l'action de la densité spatiale et temporelle de l'énergie, et sur les variations topographiques de cette influence à la surface de la rétine.* La capacité de sommation spatiale, inégale pour les diverses radiations d'une façon générale, varie d'une façon complexe vers la périphérie de la rétine.

La position de la surface rétinienne excitée exagère encore les différences dans les lois des temps d'action en fonction de la longueur d'onde. Ces différences sont loin d'être négligeables. Des recherches de Broca et Sulzer [2], il résulte que, pour une certaine énergie d'irradiation, la sensation lumineuse engendrée par des radiations bleues croît plus vite en fonction du temps d'action, atteint plus tôt son maximum transitoire, puis son régime stable, que la sensation engendrée par des radiations rouges.

Des déterminations faites sous la direction de Ferree par Bills [1] ont montré que l'énergie d'irradiation modifiait ces résultats ; avec 4 faisceaux de radiation, un jaune, un rouge, un vert, et un bleu, aux faibles intensités, l'ordre de rapidité pour la réalisation du maximum lumineux transitoire s'est montré le suivant : jaune (130σ), rouge (192σ), vert (230σ) et bleu (241σ) ; aux intensités moyennes, le bleu (165σ) précède le rouge (182σ).

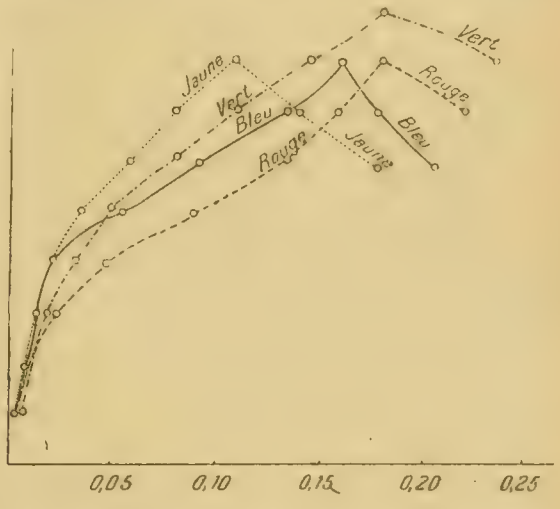


Fig. 4. — *Courbes d'établissement (croissance de la luminosité en fonction du temps) pour quatre radiations monochromatiques* (d'après Ferree et Rand).

Il résulte des courbes d'établissement des sensations lumineuses établies dans ces conditions (fig. 4) qu'en coupant l'excitation au bout de 100σ, une irradiation bleue, capable de donner une même clarté qu'une irradiation rouge, sera plus lumineuse que celle-ci pour une égalisation en régime stable donnant une luminosité moyenne, et moins lumineuse pour une égalisation donnant une faible luminosité. C'est là ce qui explique, comme l'ont montré Ferree et Rand, le renversement apparent du phénomène de Purkinje constaté par Ives [2] en « flicker photometry ». Nous verrons tout à l'heure les conséquences de ces faits justement au point de vue des causes d'erreur apportées à la photométrie du papillotement.

1. Von Kries : *loc. cit.*

2. A. Broca et Sulzer : La sensation lumineuse en fonction du temps pour les lumières colorées. *C. R. de l'Ac. des Sc.*, t. CXXXVII, p. 944, 977 et 1046; 1903, — et *Journ. de Physiol.*, p. 55; 1904.

1. E. Ferree et Rand : *Psych. Review*, t. XXII, note, p. 125-129; 1915.

2. Ives : Studies in the photometry of lights of different colors. *Philosoph. Magazine*, t. XXIV, p. 172-173; 1912.

Enfin, *la longueur d'onde agit aussi sur la persistance*, influençant inégalement celle-ci selon la région de la rétine et l'état d'adaptation ; les variations de persistance sont d'ailleurs corrélatives des variations dans les courbes d'établissement, une sensation s'évanouissant d'autant plus vite qu'elle atteint plus vite son maximum, et inversement. La longueur d'onde intervient donc comme une variable, non pas indépendante, mais au contraire étroitement liée à toutes les autres variables, qui en sont fonction et dont elle est fonction.

On voit quelle est la complication apportée par le fait qu'une irradiation rétinienne comporte l'action, en proportions variables, de multiples catégories de vibrations d'inégale fréquence.

§ 2. — Conséquences

On connaît depuis longtemps, sous le nom de « phénomène de Purkinje », ce fait que deux lumières de couleur différente, une rouge et une bleue par exemple, étant égalisées, l'augmentation ou la diminution, dans les mêmes proportions, de leur énergie de rayonnement, fait cesser leur égalité, l'augmentation renforçant davantage et la diminution atténuant davantage la lumière rouge. Mais ce phénomène a été généralement considéré comme une particularité curieuse, un peu gênante, liée aux sensations de couleur [1]. Or il ne fait que révéler cette donnée essentielle que la sensibilité, fonction de la longueur d'onde, change suivant la valeur de l'énergie d'irradiation rétinienne, à quoi il faut ajouter que ce changement lui-même varie suivant la région rétinienne et l'état d'adaptation.

Dès lors, les essais de photométrie objective comme celui que A. Blondel a très ingénieusement conçu, et qui consisterait à mesurer l'énergie émanant d'une source en ne laissant passer, après dispersion, de chaque radiation, qu'une fraction proportionnelle au degré de sensibilité rétinienne vis-à-vis d'elle [2], ce qui permettrait la comparaison très exacte des valeurs lumineuses de sources ayant même une très grande hétérogénéité spectrale, de tels essais se heurtent à une difficulté fondamentale. Evidemment la méthode Blondel rend possible une comparaison satisfaisante et réellement objective de la valeur de deux sources, mais cette comparaison vaut pour une région donnée de la rétine, dans un certain état d'adaptation et pour une certaine valeur de l'énergie physiologiquement utilisable des sources ; et à cet égard des courbes de visibilité moyenne des radiations, comme en établissent les Américains, permettent d'éliminer les variations individuelles. Mais elle ne vaut pas si l'on change, tout en le faisant dans les mêmes proportions, les énergies des deux sources, en admettant que l'on utilise toujours une même région rétinienne semblablement adaptée. Or la photométrie vise à établir des relations entre les valeurs lumineuses telles que leur proportion reste inchangée, quel que soit le niveau des valeurs absolues [1]. Or ce but ne serait réalisable que si l'on apportait une correction à la relation d'après la variation, empiriquement établie, de sensibilité, en fonction du niveau d'énergie d'irradiation.

A. Blondel prévoit bien l'utilisation de deux écrans découpés, l'un pour les hauts niveaux, l'autre pour les faibles niveaux ; théoriquement il en faudrait une infinité ; pratiquement, en tout cas, il serait nécessaire d'en utiliser un grand nombre. Mais la méthode Blondel, qui évite la difficulté de la mesure séparée des énergies apportées par les diverses radiations utilisables en procédant à la mesure globale après une réduction proportionnelle de chacune d'elles, ne comporte pas la correction par calcul qui permettrait, d'après les répartitions d'énergie des deux sources, de déterminer, selon les niveaux d'énergie d'irradiation rétinienne fournie par chacune d'elles, les rapports de leurs valeurs lumineuses, sans nouvelles mesures comparatives.

Or c'est cela seul qui permettrait une photométrie objective, valable pour une région rétinienne, dans un certain état d'adaptation, d'un individu moyen théorique [2], faute de quoi il ne peut y avoir photométrie valable. En tout cas une méthode objective, avec appareils d'enregistrement suffisamment sensibles, évite la marge considérable d'incertitude des jugements sur

1. En réalité, le phénomène de Purkinje existe même chez des achromatopsiques ; il est absent — ou serait même inversé — chez les héméralopes privés de la vision crépusculaire (Cf Polack : L'inversion du phénomène de Purkinje dans l'héméralopie congénitale. *C. R. Ac. des Sc.*, t. CLXVI, p. 501-502 ; 1918).

2. Blondel utilise un diaphragme découpé selon la courbe de visibilité des radiations, collé sur un verre dépoli où est projeté le spectre de la source avec un spectrographe ; par renversement et en recueillant sur la fente l'énergie totale au moyen d'un dispositif thermo-électrique, on a réduit cette énergie dans les proportions voulues (A. Blondel : Sur une solution de la photométrie hétérochrome permettant une mesure physique de l'intensité lumineuse. *C. R. Ac. des Sc.*, t. CLXIX, p. 830-835 ; 1919).

1. Cf. H. Piéron : La Photométrie est-elle possible ? *Revue du Mois*, 1919, p. 208-225.

2. Malheureusement, les recherches faites ne permettent pas encore d'établir la variation moyenne de la courbe de sensibilité en fonction de la longueur d'onde. Les indications de von Kries sont insuffisamment précises, celles de Ferree et Rand sont comprises entre des limites trop étroites et ne concernent qu'une série de déterminations (*loc. cit.*).

l'égalisation des clartés que comporte la photométrie ordinaire, pratique mais grossière, surtout quand des sensations de couleur — nous allons revenir sur ce point — perturbent la perception lumineuse. Cette marge est diminuée par la photométrie du papillotement, la « flicker photometry »[1], qui est possible suivant deux méthodes : l'une (Haycraft, Ferry, Allen[2]) consistant à déclarer iso-lumineuses deux plages dont la persistance est égale (cette persistance étant déterminée d'après le seuil de fusion, la succession la plus lente des impressions, séparées par un intervalle égal à leur durée, compatible avec la fusion), cette méthode étant exposée aux causes d'erreur inévitables qui tiennent à l'influence spécifique de la longueur d'onde des radiations sur la persistance de la lumière qu'elles engendrent; l'autre — seule usitée — consistant à déterminer, par succession des deux impressions à comparer (avec un disque tournant, à fenêtres laissant passer un faisceau de radiations, et alternant avec des miroirs projetant au même point de la rétine l'autre faisceau) pour quels éclats respectifs des plages la fusion est la plus facile, avec succession la plus lente. En effet, la fusion se fait d'autant mieux que les impressions successives sont moins hétérogènes ; son maximum de facilité correspond à une iso-luminosité.

Seulement une cause d'erreur très grave intervient alors dans les conditions techniques usuelles : c'est par les changements de vitesse dans la rotation du disque qu'on détermine le seuil de fusion ; on raccourcit ou on allonge également la durée des excitations et l'intervalle qui les sépare. Or, si l'on change les durées d'excitation, on modifie l'effet physiologique de ces excitations, et on le modifie inégalement suivant la longueur d'onde de la radiation excitatrice, et suivant l'intensité d'irradiation.

Par suite des conditions de la sommation, il se trouve que la courbe d'établissement d'une sensation, son progrès en fonction du temps, d'allure analogue à une courbe de contraction musculaire, a une pente plus ou moins abrupte et que le maximum est plus ou moins vite atteint ; il est atteint d'autant plus vite que l'énergie d'irradiation par unité de temps est plus grande ; mais, la variation en fonction de cette énergie n'étant pas la même pour toutes les radiations, il en résulte qu'en coupant l'excitation en un certain point de la courbe d'établissement, on obtient un niveau de sensation différent avec des excitations capables d'aboutir pourtant à un maximum égal, mais au bout d'un temps inégal. Et c'est ainsi que, par la « flicker photometry », comme l'ont montré Ferree et Rand[1], on peut obtenir aux faibles intensités une sous-estimation des radiations brèves (bleues et vertes) et une surestimation des radiations longues (rouges et jaunes), et l'inverse aux intensités plus fortes[2]. Il faudrait donc faire varier les intervalles entre les excitations, mais utiliser des durées d'excitation correspondant, pour chaque radiation et chaque niveau d'énergie, au maximum de la sensation, car il est impossible d'utiliser des durées d'excitation assez longues pour que le régime stable puisse être atteint. C'est dire la difficulté technique que rencontrerait une méthode un peu plus satisfaisante de photométrie du papillotement.

Accessoirement, il y a lieu de remarquer que, lorsqu'on calcule le minimum absolu d'énergie capable de provoquer la sensation de lumière, dans l'adaptation à l'obscurité, il ne faut pas, comme le fait Buisson, placer à 550 $\mu\mu$ la sensibilité maxima de la rétine, mais vers 490 $\mu\mu$. Pour déterminer ce minimum absolu d'énergie, il y aurait lieu d'utiliser des radiations de cette longueur d'onde pour lesquelles la sensibilité est maxima, pendant un temps d'action de 3 σ, avec une image rétinienne d'un diamètre de 1 μ, se formant à 20° environ du centre de la fovéa, côté nasal[3].

(*A suivre.*)

H. Piéron,
Directeur du Laboratoire de Psychophysiologie de la Sorbonne.

1. Cf. H. E. Ives et E. F. Kingsbury : The theory of the Flicker Photometry. I et II. *Philosoph. Magazine*, t. XXVIII, p. 708-728, 1914, et t. XXXI, p. 290-321 ; 1916. — L. F. Troland : Notes on the Flicker Photometry. Flicker Photometer frequency as a function of the color of the Standard. *Journ. of the Franklin Instit.*, t. CLXXXII, p. 853-855 ; 1916, et aussi p. 261-263.

2. Voir à ce sujet l'excellent volume de T. Herbert Parsons : *An Introduction to the study of Colour Vision.*

1. C. E. Ferree and Gertrude Rand : A preliminary study of the deficiencies of the method of flicker for the photometry of lights of different colors. *Psychol. Review*, t. XXII, p. 110-162 ; 1915.

2. C'est ce que Ives a appelé un phénomène de Purkinje renversé. Les évaluations par la « flicker photometry » peuvent différer de 60 % des évaluations par égalisation directe de clarté (cf. M. Luckiesh : Purkinje effect and comparison of flicker and equality of brightness photometers. *Electrical World*, p. 620, 1913).

3. On pourrait envisager comme une conséquence de la grande sensibilité pour les radiations bleues dans l'adaptation à l'obscurité, l'opportunité d'utiliser ces radiations comme signaux nocturnes dans les feux de marine. Mais il se trouve que, par suite de l'absorption atmosphérique, les radiations de courte longueur d'onde se trouvent éteintes à une assez courte distance, et c'est pourquoi on les a utilisées pour l'éclairage réduit comme mesure de protection contre l'exploration des avions, au cours de la guerre. L'absorption atmosphérique doit rendre très prudent dans l'utilisation de méthodes qui se basent sur des variations de distance pour modifier les intensités d'irradiation, pour la recherche du minimum d'énergie nécessaire à la vision.

BIBLIOGRAPHIE
ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Rose (W. N.), *Professeur de Mathématiques au Borough Polytechnic Institute.* — **Mathematics for Engineers.** *Part* II. — 1 *vol. in*-8° *de* XIV-419 *p. avec* 141 *fig. de* « The directly useful Technical Series ». (*Prix cart*: 13 *sh.* 6 *d.*). *Chapman and Hall, Ltd., éditeurs*, 11, *Henrietta Street, Londres W. C.* 2, 1920.

Comme nous l'avons dit en analysant ici le premier volume de cet ouvrage[1], le but de l'auteur a été « de donner un traité assez complet pour embrasser toutes les connaissances mathématiques nécessaires à l'ingénieur dans la pratique et à l'étudiant dans toutes les branches de l'art de l'ingénieur ». Il est amené ainsi à éliminer beaucoup de règles et de procédés qui n'ont qu'un intérêt académique, tout en respectant la nécessité d'un raisonnement logique.

Ce second volume est consacré au Calcul différentiel et intégral. D'une façon générale, la démonstration est basée sur les principes algébriques; mais partout où les preuves ou les constructions graphiques facilitent l'explication du sujet ou en amplifient la portée, l'auteur en a fait un usage étendu.

La conception des « valeurs limites », introduite dans le premier volume, est développée dans le chapitre I, comme introduction à la différentiation; les chapitres II et III formulent les diverses règles de la différentiation des fonctions algébriques et trigonométriques, puis des fonctions de fonctions, des produits de fonctions, et de la différentiation partielle. Le chapitre IV étudie les applications de la différentiation, en particulier à la détermination des maxima et minima, qui est illustrée par de nombreux exemples pratiques.

Le chapitre V est une introduction à l'intégration, où l'auteur explique la signification des symboles $\int$ et dx en se servant d'un graphique; le chapitre VI discute les divers types d'intégrales, ainsi que les formules de réduction et la fonction Γ. Le chapitre VII renferme une série d'applications des règles de l'intégration, par ex. la détermination du périmètre de l'ellipse, la méthode graphique pour fixer la position de la verticale du centroïde, le tracé des courbes des moments et l'évaluation du moment d'inertie d'un vibrateur compound.

L'utilité des coordonnées polaires pour l'ingénieur électricien ressort d'exemples sur le pouvoir lumineux des lampes (diagramme de Rousseau) et sur la détermination de la moyenne des carrés pour les courants (méthode de Fleming).

Le chapitre IX présente les types les plus communs d'équations différentielles et les méthodes pour les résoudre, qui sont ensuite appliquées, au chapitre X, à des problèmes de Thermodynamique, de Résistance des matériaux, de Mécanique et d'Electricité appliquées et d'Hydraulique.

Enfin, les trois derniers chapitres sont consacrés à l'analyse harmonique, à la solution des triangles sphériques, à la probabilité mathématique et au théorème des moindres carrés.

Dans chacun des chapitres de l'ouvrage, un certain nombre d'exemples empruntés à la pratique sont traités à fond et résolus numériquement; en outre, on trouvera à la fin des chapitres d'autres exercices à effectuer par le lecteur et dont la solution est donnée à la fin du volume.

L'auteur a ainsi passé en revue la plupart des problèmes courants qui se posent à l'ingénieur et l'a armé pour les résoudre.

C. Maillard.

1. *Revue gén. des Sc.*, t. XXIX, p. 520; 15-30 sept. 1918.

Plummer (H. C.), *M. A., Andrews Professor of Astronomy in the University of Dublin and royal Astronomer of Ireland.* — **An introductory Treatise on dynamical Astronomy.** — 1 *vol. in*-8°, *relié, de* XIX-343 *pages avec* 8 *fig. et Index* (*Prix*: 18 *s.*). *Cambridge, at the University Press*, 1918.

« Ce livre a pour but de fournir une introduction aux parties de l'Astronomie qui demandent à être traitées selon les lois de la Dynamique. » Comme « il serait manifestement impossible, dans les limites d'un seul volume de format modique, de comprendre l'ensemble de cet immense sujet », l'auteur expose, avec clarté, dans une succincte et lumineuse préface, la méthode suivie pour faire rentrer les parties fondamentales de l'Astronomie mathématique dans un cadre restreint. Il envisage exclusivement l'étude du mouvement des corps célestes, mouvements planétaires ou dans l'orbite, mouvements de rotation, précession et nutation, et il écarte la théorie des figures des planètes et des corps déformables, laissant de côté la géodésie et les marées. Néanmoins, le volume contient un plus grand nombre de sujets que ceux que l'on a coutume de rencontrer dans les ouvrages de cette espèce et, à cela, l'auteur voit un double avantage. C'est d'abord de grouper pour le lecteur un très grand nombre de propositions préliminaires qu'il faudrait répéter si les différentes parties de la question étaient prises séparément et, d'autre part, de mettre en évidence les relations qui lient ces propositions fondamentales initiales et font bien comprendre qu'il n'y a, en réalité, qu'un seul problème à résoudre et non plusieurs problèmes distincts, comme on pourrait le croire dans une série d'études partielles isolées. Un tel travail n'a pas de précédent dans la langue anglaise. Notons, en passant, que Résal a présenté également un Traité élémentaire de Mécanique céleste (2e édit., 1884, Gauthier Villars, Paris), où l'auteur, comme M. Plummer, se proposait de fournir au lecteur un ensemble condensé de la Mécanique céleste « en ayant recours à des démonstrations assez simples pour qu'elles puissent être adoptées dans l'enseignement des Facultés ». Les matières omises, dans l'un des ouvrages, se trouvent en partie traitées dans l'autre et on pourrait presque dire qu'ils se complètent, en tenant compte de la longue période écoulée entre les deux publications.

Les chapitres I et II sont consacrés aux principes et généralités sur la loi de gravitation, aux propositions préliminaires à l'aide desquelles l'auteur étudie, au chap. III, le mouvement sous l'action d'une force centrale. La distinction des trois sortes d'orbites, elliptiques, paraboliques, hyperboliques, amène à traiter chaque cas séparément, selon son importance. Les développements, dans le mouvement elliptique, sont l'objet du chap. IV. Puis, comme introduction à la détermination d'une orbite, le chap. V traite des relations entre deux ou un plus grand nombre de positions dans l'orbite et dans le temps. Le chap. VI définit l'orbite dans l'espace; puis les orbites elliptiques, paraboliques et circulaires sont traitées au point de vue pratique, méthode de Gauss, aux chap. VII à IX. Les orbites des étoiles doubles et des étoiles doubles spectroscopiques viennent ensuite, chap. X et XI. Jusqu'ici, les corps célestes sont envisagés en dehors de leurs actions mutuelles. Avant de passer aux perturbations, le chap. XII fait le rappel des principes de la Dynamique et des équations classiques. Hamilton-Jacobi, Lagrange, Poisson, etc. La théorie des planètes est esquissée de XIII à XVIII, par l'étude successive : de la variation des éléments; du développement de la fonction perturbatrice; des perturbations absolues; des perturbations séculaires; des inégalités séculaires; méthode de Gauss; des perturbations spéciales. La

théorie de la Lune, exposée aux chap. XX et XXI, est précédée des recherches fondamentales sur le problème restreint des trois corps, chap. XIX — intégrale de Jacoby — criterium de Tisserand — etc. La théorie de la Lune peut être regardée, ici, comme une introduction et un appel à l'étude des travaux classiques de Hill et du Professeur E. Brown. La théorie de la précession et de la nutation est traitée simplement et au point de vue pratique, en application du mouvement de rotation de la Terre; l'auteur a profité de l'occasion offerte de donner un exposé des méthodes astronomiques réellement en usage pour le calcul du temps, chap. XXII. La libration de la Lune, chap. XXIII, découle, de même, du mouvement de rotation de la Lune.

Très justement, M. Plummer écrit : « Le but final de toute théorie astronomique est rarement atteint sans comparaison avec les résultats de l'observation et le moyen de comparaison réside dans l'application numérique. » La réduction du format ne permettait point de mener de front la double tâche d'initier complètement le lecteur aux règles particulières du calcul numérique et aux développements analytiques. Néanmoins, les calculs ne sont pas sacrifiés. Le chap. XVIII, consacré aux perturbations spéciales, — quadratures mécaniques et détermination numérique des éléments, — est complété par le chap. XXIV et dernier du volume où sont développées, dans le cadre restreint adopté pour tout l'ouvrage, les formules usuelles d'interpolation, Stirling, Gauss, Bessel, Lagrange, suivies des intégrales simples et doubles et des méthodes particulières pour le calcul des coefficients de la série de Fourier dans le cas des fonctions périodiques, sans omettre le procédé classique des moindres carrés. Il est assez curieux de constater que les ouvrages anglo-saxons semblent ignorer l'algorithme si suggestif des formules de Encke, Tisserand, Baillaud pour l'interpolation et les quadratures mécaniques. Les symboles abréviatifs employés ici, au lieu de simplifier, nous semblent plutôt encore faire ressortir l'avantage des notations ci-dessus. C'est d'ailleurs une critique légère que le lecteur pourra contrôler, car l'auteur donne finalement, dans sa préface, une liste d'ouvrages à consulter où les calculs numériques sont traités dans les deux procédés.

Une autre conséquence d'un exposé abrégé, en même temps que cependant très complet, dans l'écriture des formules analytiques initiales et finales, pour la mise en nombre, est l'absence de toute discussion sur la convergence des séries et parfois un manque apparent de rigueur mathématique. L'auteur s'explique nettement sur ces points dans sa préface, de même que sur les références qu'il omet et sur l'importance des calculs numériques qu'il ne peut que souligner. « On ne doit pas conclure que ces points — convergence des séries, — rigueur mathématique des raisonnements — sont sans importance ou que les astronomes modernes puissent se permettre de les négliger. Mais, en dehors de quelques cas simples où le lecteur sera capable de se procurer les compléments qui lui seront nécessaires, et pour quelques autres dont il ne retirerait aucun bénéfice, même si une discussion critique était donnée, de telles questions sont extrêmement difficiles et ne sont pas encore toutes pourvues d'une solution. C'est précisément un des buts de cet ouvrage d'accroître le nombre de ceux qui peuvent apprécier ce point de vue du sujet et contribuer à l'élucider. » Et vis-à-vis des références omises : « Peu de références ont été données pour guider celui qui veut pousser ses lectures plus avant et ceci peut être regretté. Mais on peut dire aussi que le lecteur qui est qualifié pour profiter d'un travail tel que celui-ci et qui désire aller plus loin, aura la faculté de consulter la bibliothèque pour tout ce dont il a besoin, sans avoir recours à des références spéciales, lorsque le moment sera venu de pousser plus avant son travail, s'il n'a pas déjà pris toutes ses fiches pour les ouvrages à consulter. Les renvois ont leurs avantages et le travailleur expérimenté est le dernier à les dédaigner, mais ils ne sont pas favorables à un esprit aux entreprises originales. »

Sous le couvert de telles explications, le lecteur ne peut que se laisser entraîner à une fructueuse étude de l'Astronomie mathématique. Il nous est agréable de l'y engager à notre tour et de nous associer pleinement aux efforts si méritoires de M. Plummer.

A. Lebeuf,
Correspondant de l'Institut,
Directeur de l'Observatoire de Besançon.

2° Sciences physiques

Maurer (P.), *Professeur à l'Ecole Bréguet.* — **Radiotélégraphie pratique et Radiotéléphonie.** — 1 *vol. in-8° de* 386 *p. avec* 261 *fig.* (*Prix*: 21 *fr.*). *Dunod, éditeur, Paris*, 1920.

L'intention de M. Maurer a été d'écrire un livre aussi pratique que possible, destiné à mettre tout amateur éclairé au courant des progrès récents et de l'état actuel des radiocommunications. Sans laisser entièrement de côté toute notion théorique, il réduit les calculs à leurs éléments essentiels, et se contente, le plus souvent, d'énoncer leurs résultats. Les raisonnements par analogie et les images empruntées aux autres parties de la Physique sont un de ses principaux moyens d'exposition.

L'ouvrage comprend 10 chapitres. Après un chapitre de généralités sur les oscillations électromagnétiques et un autre sur les principes de la télégraphie sans fil, chapitres dans lesquels sont étudiées en particulier les questions de résonance, d'amortissement et de couplage, l'auteur aborde l'étude détaillée des appareils d'émission, puis des appareils de réception. Les ondes entretenues, les ondes dirigées, la radiotéléphonie, font l'objet de chapitres spéciaux. Des pages assez nombreuses sont consacrées à la description des principaux types d'appareils fabriqués par les maisons françaises de T.S.F. Un dernier chapitre est consacré aux mesures.

On voit que le sujet est traité dans toute son ampleur. Il l'est d'ailleurs avec clarté, et le côté moderne des questions n'est pas oublié. Les propriétés des lampes à trois électrodes et leurs applications à la détection, à l'amplification, etc. font l'objet d'une bonne partie des chapitres 4 et 5. Un grand nombre des appareils créés pendant la guerre par la Radiotélégraphie militaire française sont décrits avec des détails suffisants.

Nous n'aurions donc qu'à nous louer de l'apparition de cet ouvrage de vulgarisation, si malheureusement son étude ne surprenait trop souvent le lecteur par l'impropriété des expressions employées, les petites inexactitudes et même les erreurs d'exposition. C'est là un défaut assez important, surtout si l'on tient compte de ce que le livre s'adresse à un public qui n'est pas formé de professionnels, et qui ne sera peut-être pas toujours sur ses gardes.

Pourquoi dire, par exemple, d'un pendule d'horloge qu'il « atteint une valeur maximum négative » ? (page 6). Qu'est-ce que « l'intensité maximum » d'une force électromotrice ? (page 7). Que faut-il entendre par « armature positive et armature négative » d'un condensateur ? (page 13).

Voici des exemples plus graves : le montage de la figure 9, II, page 19, ne peut donner aucune oscillation lors de la fermeture de l'interrupteur, ce qui n'est pas dit dans le texte. L'auteur affirme par deux fois (p. 20 et 23) que la période d'un pendule formé d'un fil et d'une boule dépend de la masse de la boule, ce qui est inexact. Il attribue à tort l'invention du bolomètre à M. Tissot (p. 135).

Il est parlé page 29 d'aigrettes qui « proviennent de l'ionisation de l'air sous l'influence du champ magnétique », alors qu'il est notoire que le champ magnétique est incapable d'ioniser l'air dans les conditions indiquées.

Dans la dernière figure de la page 196 (schéma d'un amplificateur à résistances), l'auteur oublie le condensateur de liaison entre la plaque d'une lampe et la grille de la lampe suivante. Cette inadvertance est aggravée

par le texte (page 198), d'après lequel on intercale *souvent* un petit condensateur de liaison.

Et ces exemples ne sont pas les seuls.

La conclusion que nous tirerons de ces quelques critiques, dont il ne faudrait pas s'exagérer la portée, est que l'ouvrage aurait besoin d'une revision de détail assez sévère, et que le lecteur, tout en étant satisfait de la mine de renseignements intéressants et nouveaux qu'il aura à sa disposition, devra faire lui-même avec grand soin les petites corrections nécessaires.

EUGÈNE BLOCH.

Les Progrès de la Chimie en 1918. *Traduction française autorisée des* « Annual Reports on the Progress of Chemistry for 1918 », *publiée sous la direction de* M. **André Kling**, *Directeur du Laboratoire municipal de Paris.* — 1 *vol. in-8° de* XIV-322 *p.* (*Prix* : 22 *fr.* 50). *Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, Paris*, 1920.

Tous les chimistes qui lisent l'anglais connaissent les très remarquables « *Reports on the Progress of Chemistry* » publiés chaque année depuis plus de 15 ans par la Société chimique anglaise. En 1913, M. André Kling eut l'idée d'entreprendre, avec l'autorisation de cette dernière, la traduction française des « Reports » de 1912, et cette tentative reçut un accueil très encourageant des chimistes de langue française. Malheureusement, la suite de cet essai, comme de bien d'autres, fut interrompue par la guerre ; mais celle-ci était à peine terminée que M. Kling le reprenait, malgré des conditions défavorables, ce qui lui permet de présenter aujourd'hui, avec l'aide de ses collaborateurs MM. Florentin, Vernerd, Schmutz, Roques, Digaud et Vandenberghe, la traduction des « Reports » de 1918.

Voici la liste des différents chapitres de l'ouvrage :

Chimie générale et Chimie physique, par M. H. M. Dawson;

Chimie minérale, par M. E. C. C. Baly ;

Chimie organique : Série aliphatique, par M. J. C. Irvine; Série homocyclique, par M. F. L. Pyman; Série hétérocyclique, par M. A. W. Stewart;

Chimie analytique, par M. C. A. Mitchell;

Chimie agricole et Physiologie végétale, par M. E. J. Russell;

Chimie physiologique, par M. F. G. Hopkins;

Radioactivité, par M. F. Soddy.

Comme on le voit, l'exposé des progrès annuels de chacune de ces parties de la Chimie est présenté par des savants connus et compétents, et l'ensemble de cet ouvrage, avec toutes ses notes bibliographiques, constitue une source de documentation de première valeur pour les chimistes. Constatons, toutefois, qu'une part prépondérante y est faite aux travaux des savants anglo-saxons et que des recherches importantes accomplies dans d'autres pays paraissent avoir échappé à certains des auteurs ci-dessus.

Tout en félicitant donc de nouveau M. Kling et ses collaborateurs de mettre ces rapports à la portée du public français et souhaitant bon succès à cette œuvre éminemment utile, on peut espérer que les relations établies entre les traducteurs et les auteurs amèneront ces derniers à faire une plus large place tout au moins aux travaux des chimistes français.

LOUIS BRUNET.

3° Sciences naturelles

De Montessus de Ballore (F.). — Bibliografia general de terremotos y temblores. — *Huit fascicules in-4°, avec* 1.514 *pages. Ouvrage publié par la* « Sociedad Chilena de Historia y Geografia », *Santiago de Chile*, 1920.

L'éminent sismologue français, nommé chef du Service Sismologique du Chili bien peu de temps après la catastrophe de Valparaiso (16-17 août 1906), vient de nous offrir de nouveau un ouvrage « hors cadre », et qu'il était seul capable de rédiger, grâce à ses immenses relations scientifiques, son extrême labeur, presque tout entier dépensé dans la résolution de problèmes sismologiques, depuis presque quarante années, et sa possession de très nombreuses langues étrangères, parmi lesquelles se trouvent le russe et le japonais. Avec ses « Tremblements de Terre »[1], il fondait, pour ainsi dire, la « Géographie Sismologique » ; maintenant il fait de même avec la « Bibliographie des Tremblements de Terre », ouvrage qui a exigé un labeur immense, bien que la partie de la Sismologie qui s'occupe des sismographes et des sismogrammes, ainsi que des calculs, il faut bien le dire, si souvent hasardeux, ait été délaissée tout exprès par le Comte de Montessus, esprit parfaitement équilibré, et avec un fort penchant pour les applications pratiques, parfois un peu trop négligées par la plupart des sismologues, en général directeurs de stations, et qui ne discutent que sur leurs graphiques, « peignant leurs paysages chez eux », un peu à l'instar de pas mal de peintres du temps du Roi-Soleil, et même de nos jours.

Le chiffre des ouvrages analysés est de 9.140, en toutes les langues, et non seulement les indications bibliographiques sont aussi précises que possible, mais la critique du travail est presque toujours ajoutée ; maintes fois aussi, l'auteur fait la transcription de quelques mots textuels, ou encore de passages importants, reproduits dans la langue de l'écrit, si celle-ci est l'allemand, l'anglais, le français, l'espagnol, l'italien, le latin ou le portugais, ou traduits en espagnol, dans le cas contraire.

Les renseignements sont parfois très intéressants, même pour des personnes non spécialisées dans la Sismologie, et nous ne pouvons que recommander l'acquisition de cet ouvrage en France ; ce serait une façon indirecte d'honorer un savant qui lui fait tant d'honneur, à son tour, dans le pays étranger qui a su estimer à sa valeur son mérite éminent.

Manuel MA. S-NAVARRO, S. J.

Directeur de la Station Sismologique de Cartuja (Grenade).

Prudhomme (Em.), *Ingénieur-agronome, Directeur du Jardin colonial et de l'Ecole nationale supérieure d'Agriculture coloniale, membre du Comité supérieur consultatif de l'Instruction publique aux Colonies et du Conseil supérieur des Stations agronomiques.* — **Bibliothèque du Jardin colonial. Plantes utiles des pays chauds.** — 1 *vol. in-8° de* 137 *p. avec* 63 pl. *Emile Larose, éditeur, Paris*, 1920.

On ne saurait trop répandre une connaissance pratique et précise de tous les nombreux produits végétaux, nécessaires à notre alimentation et à notre industrie, que nous pouvons tirer de nos propres colonies sans avoir besoin de les importer de pays étrangers. A cet égard, le volume que vient de faire paraître le directeur du Jardin colonial, M. Em. Prudhomme, répond très exactement à ce but et il mérite d'être particulièrement recommandé. Avec raison l'auteur rappelle l'excellent ouvrage de vulgarisation, *Ce que tout Français devrait savoir sur nos Colonies*, par Charles Regismanset, Georges François et Fernand Rouget (Larose, 1918); celui qu'il a écrit en constitue un fort utile complément portant sur un point spécial, mais dominant en ce qui concerne la mise en valeur de nos colonies, l'étude des plantes utiles des pays chauds.

Ce que M. Em. Prudhomme a eu pour objet, en traitant ce sujet, c'est, prenant une à une les espèces végétales qui nous sont les plus utiles, de montrer dans quelle mesure nos colonies peuvent déjà satisfaire à nos besoins et d'attirer l'attention sur tout ce qu'il reste à leur demander, afin d'éviter un recours trop excessif à l'étranger. Il a voulu grouper dans cet ouvrage, d'une façon succincte, toutes les notions essentielles sur les

1. Ouvrage couronné par la Société de Géographie de Paris.

produits coloniaux répandus pour guider l'instruction dans les écoles, et nous souhaitons que ce ne soit pas seulement dans les écoles coloniales, mais dans toutes. Les nombreuses gravures jointes au texte sont certainement assez caractéristiques pour engager les élèves à feuilleter le livre et à le lire, comme le désire M. Prudhomme, et il instruira utilement le public tout entier.

L'auteur prend successivement vingt-cinq groupes de végétaux. Il en rappelle les origines et la propagation, il décrit les plantes, explique leur mode de culture, indique les produits que l'on en tire et en mentionne les modes de préparation. Il fait savoir quels sont les principaux centres de production de ces plantes utiles en pays étranger, puis dans lesquelles de nos colonies elles viennent également et peuvent y être davantage développées. Il nous apprend quelle est pour chacune d'elles notre production coloniale par rapport à la production mondiale et quelles possibilités d'extension nous pouvons envisager.

G. Regelsperger.

Thompson (D'Arcy Wentworth). — **On Growth and Form** (De la croissance et de la forme). — 1 *vol. in-8° de* xvi-793 *pages avec* 408 *figures* (*Prix* : 22 *sh.* 6 *d.*). *Cambridge* (*Angleterre*), *University Press*, 1917.

Ce remarquable ouvrage est une introduction à l'étude des formes organiques par l'emploi de méthodes d'une application courante dans les sciences physiques, mais que les naturalistes n'utilisent que rarement. Aux explications téléologiques de la forme des êtres, il faut substituer les explications mécaniques, nous dit très justement l'auteur dans le premier chapitre.

Le chapitre II contient un développement des relations entre les propriétés de surface, variant comme le carré des dimensions linéaires, et les fonctions de volume ou de masse variant comme le cube des dimensions linéaires. En ce qui a trait à la limitation de la taille des organismes macroscopiques, l'auteur rappelle que la taille et la croissance sont sous la dépendance de la gravité, tandis que chez les organismes microscopiques cette influence disparaît en vertu d'un phénomène purement arithmétique. Mais on voit alors apparaître une nouvelle force, la tension superficielle, tendant à arrondir le contour des organismes. Plus les organismes sont petits, plus cette tendance est marquée. Il est d'autres causes qui entrent en jeu dans la limitation inférieure de la taille. La complication des êtres microscopiques ou macroscopiques diminue nécessairement avec leur taille. Les êtres géométriquement semblables sont par suite loin de réagir de la même manière sous l'action des facteurs mécaniques. S'ils échappent aux effets de la gravité newtonienne, les organismes microscopiques subissent les effets de la tension superficielle, du bombardement moléculaire produisant le mouvement brownien, et de la pression lumineuse susceptible d'entraîner leurs germes dans les espaces interplanétaires, ainsi que le prétend Arrhenius.

La forme des organismes, nous dit l'auteur dans le chapitre III, est, à tout moment de leur évolution, la résultante momentanée des vitesses de croissance de leurs différentes parties. En considérant l'ensemble, on peut dire que les variations de la forme représentent la résultante de la vitesse et de la direction de croissance en chaque point individuel. L'accroissement global peut être défini par l'accroissement du corps dans trois directions perpendiculaires. De plus, toute partie interne ou externe, toute cellule, tout organe, a ses règles particulières de croissance, partiellement indépendantes et partiellement corrélatives des règles de croissance des organes voisins et de l'ensemble de l'organisme. Les vitesses de croissance sont sous la dépendance de facteurs multiples, les uns internes, les autres externes. Les premiers sont, tout d'abord, la nature de l'espèce étudiée (animale ou végétale), l'organe, l'âge et le stade évolutif. L'auteur fournit de nombreux exemples en ce qui a trait aux deux premiers facteurs. Relativement au troisième, on doit remarquer que la naissance et la puberté correspondent à des maximums. Quant au dernier, l'état larvaire et les métamorphoses sont également des périodes très actives. Les facteurs externes sont, avant tout, l'alimentation et la quantité d'eau; viennent ensuite la température, la saison, le climat. L'auteur met en relief le rôle des catalyseurs, et, à côté de ces derniers, il range les produits des glandes à sécrétion interne, en particulier le corps pituitaire, régulateur de la croissance, et le corps thyroïde, régulateur du métabolisme général.

L'ablation d'organes est, chez nombre d'animaux, le point de départ d'une reprise de croissance très active assurant la régénération. Une loi unique régit les phénomènes de croissance, qu'il s'agisse de régénération ou d'évolution normale. Elle s'énonce ainsi : la courbe qui figure l'accélération de croissance offre deux branches, la première rapidement ascendante, la deuxième avec maximum intermédiaire. L'explication de cette forme particulière est encore à trouver. L'auteur est tenté de l'attribuer à un accroissement des résistances extérieures plutôt qu'à un épuisement progressif des forces internes.

Dans le chapitre IV nous trouvons d'abord des notions sur la structure de la cellule et les phénomènes de la cinèse. Vient ensuite un exposé des théories de la Mécanique cellulaire, dont le but est d'expliquer les mouvements intra-cellulaires par des forces physiques. La théorie de Rhumbler est considérée comme insoutenable. Il semble logique de ne prendre en considération que celles qui admettent l'existence de forces polaires créant entre elles un champ de forces. L'accord n'est pas encore fait au sujet de la nature de ces forces. Hartog et Gallardo les considèrent comme électriques; Leduc les regarde comme des forces moléculaires de la même nature que celles qui agissent dans la diffusion. Pour Lamb, deux particules en vibration dans un liquide s'attirent ou se repoussent selon que leurs phases vibratoires sont identiques ou opposées. Il en résulte des courants liquides dont l'aspect représente un champ de forces avec entraînement passif des particules inertes interposées. L'auteur, de son côté, propose une théorie que lui a suggérée Peddie, et qui fait intervenir la plus ou moins grande perméabilité des particules aux forces polaires qui les rencontrent, à condition que cette perméabilité puisse subir des changements alternatifs. En ce qui a trait à la karyokinèse, M. Thompson montre de quelle façon les auteurs font intervenir les variations de la tension superficielle et il rappelle la théorie de Lillie invoquant les charges électriques des ions.

Le chapitre V décrit la cellule comme étant composée de colloïdes semi-fluides s'accroissant par intussusception. Sa forme, lorsqu'elle est libre, est réglée par la tension superficielle qui se comporte de façon à lui donner des contours arrondis. Les formes d'équilibre des cellules sont celles pour lesquelles la loi des « aires minima » est vérifiée. Les formes symétriques sont celles qui satisfont le mieux à cette loi, ce qui explique la grande généralité de la symétrie dans les formes organiques, en vertu de la loi de Mach : « Dans tout système symétrique, toute déformation qui tend à détruire la symétrie est compensée par une déformation égale et opposée qui tend à rétablir cette symétrie. » Un exemple nous est donné par l'Amibe, dont tous les mouvements s'expliquent par des variations locales de la tension superficielle provoquées extérieurement par des changements de température et de milieu, et intérieurement par les modifications chimiques résultant du métabolisme. En tout point où la tension diminue, il y a émission de pseudopodes; par contre, en tout point où elle augmente, il y a rétraction des pseudopodes. Si la tension est partout uniforme, il y a retour à la forme sphérique de repos.

Nous trouvons dans le chapitre VI des notions sur le phénomène de l'adsorption. Les chapitres VII et VIII

sont consacrés à l'étude des forces qui réagissent dans un agrégat de cellules : cohésion, tension superficielle, etc. [Je me permettrai de déclarer un peu simpliste le passage qui compare le processus de la formation des nervures et des cellules de l'aile des Insectes à celui de la division de l'œuf ou du cloisonnement du méristème chez la plante (p. 385). En réalité le problème est d'une grande complication par le fait surtout que des trachées pénètrent dans les nervures de l'aile.]

Le chapitre IX aborde l'étude des productions squelettiques, qui sont en général extra-cellulaires. Nous devons donc les considérer comme des productions physico-chimiques, au lieu de voir en elles le résultat de phénomènes vitaux. Ces productions physico-chimiques se seraient formées dans un milieu interstitiel extérieur aux éléments vivants; tel serait le cas pour les spicules des éponges, pour les calcosphérites, etc.

Dans le chapitre X, l'auteur considère la direction géodésique de l'accroissement comme un résultat de la loi du moindre effort. La suture des tours d'une coquille de Gastropode est la géodésique qui correspond aux vitesses d'accroissement suivant les circonférences de base et suivant une génératrice. Il en est de même pour les organes cylindriques, les épaississements spiraux des trachées animales ou végétales. Le cours des fibres longitudinales, ou circulaires, ou hélicoïdales, ou diversement tordues de l'intestin, de l'estomac, du cœur, etc., dessine des lignes géodésiques telles que leur contraction a toujours un effet maximum.

Les chapitres XI, XII, XIII et XIV traitent des deux sortes de spirales que l'on peut rencontrer dans la nature. La première est la spirale d'Archimède, aux tours équidistants; on ne la rencontre pas dans les formes animales. La seconde est la spirale logarithmique, aux tours de plus en plus écartés et de plus en plus étroits à mesure qu'on s'éloigne du centre. Elle est très fréquente dans les formations organiques. Si, dans certains cas, les tours ne sont pas contigus (cornes des Ruminants), ils le sont le plus souvent (coquille des Planorbes); ils peuvent même empiéter les uns sur les autres en déterminant une ligne de suture spirale (Ammonites). Les opercules des Gastropodes sont fréquemment des spirales logarithmiques, ainsi que le test des Foraminifères. Ces spirales se retrouvent dans les dents, les griffes des Mammifères, dans les serres et le bec crochu des Oiseaux de proie. En phyllotaxie nous retrouvons encore la spirale logarithmique.

Dans le chapitre XV l'auteur étudie la forme de l'œuf. Tout œuf qui n'est pas soumis à une contrainte particulière tend d'abord à être sphérique sous l'influence de sa tension intérieure et de l'élasticité de sa paroi. Lorsqu'il existe une coque dure, elle se moule sur cette forme primitive. Les œufs des Invertébrés, relativement petits par rapport aux oviductes, sont sphériques, exception faite pour ceux qui sont moulés dans un ootype spécial. Quant aux œufs des Vertébrés, ils sont ronds, elliptiques, ovoïdes ou cylindriques avec les bouts arrondis. La seule explication qui puisse convenir est basée sur la compression dans l'oviducte. Quand l'œuf est petit par rapport à l'oviducte, la compression est nulle ou presque nulle et la forme sphérique est conservée (Tortues, Serpents, jeunes Poules); quand l'œuf est gros (Poules plus âgées, Crocodiles), il prend, par compression de l'oviducte, la forme ovoïde. La différence de grosseur des deux bouts est due à ce que les contractions péristaltiques sont diminuées en aval de l'équateur de l'œuf par le fait de la compression exercée par cet équateur sur la paroi de l'oviducte, ce qui entraîne en même temps une progression de l'œuf dans le sens du gros bout toujours dirigé vers l'aval. La forme des Oursins résulte aussi de forces extérieures parce que la rigidité du test n'est pas absolue, en raison de l'articulation des plaques. La forme initiale sphérique tend à s'aplatir sous l'action de la pesanteur, ainsi que sous l'influence de la traction des ambulacres.

Le problème de l'adaptation en ce qui concerne les couleurs est abordé dans le chapitre XVI. Ce problème a donné lieu aux théories du mimétisme et à des explications finalistes. Il est loin d'être résolu, car il est d'une difficulté extrême. Il en est de même du problème de la forme générale du corps, si exactement adaptée au milieu chez les Oiseaux et chez les Poissons. Il est alors préférable de l'attaquer par un côté moins difficile : celui de la conformation des os. Afin de bien comprendre l'agencement du squelette, il faut considérer ce dernier comme un tout dont les pièces sont étroitement solidaires et non comme un ensemble d'os séparés. C'est dans son ensemble que le squelette subit les influences des conditions de vie, aussi on voit par là combien il est superflu de discuter, par exemple, la phylogénie de la Baleine d'après la forme de tel ou tel de ses os, comme le scapulum, lorsque le genre de vie de ce mammifère a exercé des influences combinées sur le squelette tout entier.

Le chapitre XVII traite de l'introduction des Mathématiques en Biologie, introduction particulièrement avantageuse quand il s'agit de décrire des formes anatomiques, pour substituer quelque précision aux vagues descriptions basées sur des comparaisons plus ou moins défectueuses. Quand on veut définir rigoureusement un organe, le contour d'un animal ou d'une plante, on doit le dessiner dans l'espace limité entre deux axes rectangulaires, chacun de ses points étant défini par sa distance X à l'axe des ordonnées et sa distance Y à l'axe des abscisses. Finalement, pour tenir compte de l'épaisseur, il faut indiquer la distance Z de ce même point à un plan parallèle à celui que déterminent les deux axes ci-dessus désignés.

L'idée directrice de ce très intéressant ouvrage, c'est que les formes matérielles représentant tout ce qui vit : cellules et tissus, coquilles et os, feuilles et fleurs, sont autant de portions de matière dont les particules, obéissant aux lois de la Physique, se sont mises en mouvement, se sont groupées et modelées en prenant des contours définis. Ces problèmes relatifs à la forme sont du domaine des Mathématiques; ceux qui ont trait à la croissance sont essentiellement des problèmes de Physique. Le morphologiste est donc, par le fait même, un chercheur dans le domaine des sciences physiques.

L'ouvrage s'achève par une sorte de profession de foi de l'auteur. M. D'Arcy W. Thompson avait d'ailleurs déclaré, dès les premières pages, que, dans l'édification des organismes, on trouve toujours une confirmation de la règle : Θεὸς ἀει γεωμετρεῖ (page 8).

Edm. Bordage,
Docteur ès Sciences,
Chef de travaux à l'Ecole des Hautes-Etudes.

4° Sciences médicales

Regard (G. L.). — **Chapitres choisies de Chirurgie.** *Préface de* M. O. Jacob. — 1 *vol. in-8° de 429 p. avec 40 fig. et 10 pl. hors texte* (*Prix* : 22 *fr.*). *A. Maloine et fils, éditeurs, Paris*, 1920.

L'auteur, qui est venu mettre sa science chirurgicale à la disposition du Service de Santé français pendant la guerre, a recueilli dans cet ouvrage les plus intéressantes de ses observations. Il a pu ainsi apporter des vues personnelles sur la pathogénie du shock, sur le traitement des plaies en particulier, soit par la méthode physiomécano-antiseptique, soit par l'autovaccination. Le livre de M. Regard contient d'importantes constatations faites sur des blessés ; nous signalons l'étude des troubles circulatoires consécutifs à la ligature des gros vaisseaux, l'étude du pouls chez les blessés, les remarques sur le traitement des fractures de guerre et un exposé des résultats obtenus à la suite des résections et des amputations des membres.

Ce livre est une source de documents, pour ceux qui désireraient approfondir une des nombreuses questions de chirurgie de guerre qui y sont abordées.

Paul Mathieu,
Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.

5° Sciences diverses

Houssay (Frédéric), *Doyen de la Faculté des Sciences de Paris.* — **Force et cause.** — 1 *vol. in*-18 *de* 250 *p. avec fig. de la* Bibliothèque de Philosophie scientifique (*Prix* : 5 *fr.* 75). *Ern. Flammarion, éditeur, Paris*, 1920.

Dans ce livre, M. le Professeur Houssay a résumé, en les remaniant, les leçons d'ouverture de son cours de la Sorbonne : *Introduction générale à l'étude des sciences naturelles.* Les conclusions, dépassant celles que l'on fait d'ordinaire dans les laboratoires, touchent à la Métaphysique. Alors que les matérialistes purs ou cinétistes envisagent la Force comme dérivant de la Masse et de l'Accélération, c'est-à-dire de l'Espace, du Temps et du Mouvement, l'auteur préfère relier la Masse à l'Accélération et à la Force. De ce point de vue dynamique, il aperçoit dans la nature non une réalité essentielle, mais une apparence. La conception dynamique, pas plus que la conception mécanique, ne résout jusqu'au bout le problème du Monde, parce que l'Esprit ou la Pensée leur échappe à toutes deux. Chacune d'elles comporte un choix arbitraire. « La seule façon de légitimer ce choix est de voir s'il fournit un raccord plus ou moins facile avec le domaine spiritualiste. Nous croyons avoir montré, dit M. Houssay, qu'en subordonnant la Masse et en considérant la Force comme primordiale, on obtenait ce raccord, et même une subordination complète de la Matière et des phénomènes à la Pensée originelle et causale, cause efficiente et finale, en définitive seule réalité. »

Il est impossible de donner en quelques lignes l'analyse d'un livre aussi plein de faits et d'idées originales, livre qui est lui-même un résumé, et je me bornerai à en signaler quelques passages.

Claude Bernard pensait que la causalité ne peut être un concept scientifique, qu'elle doit rester exclusivement métaphysique, et que la Science doit se borner à rechercher et à fixer des conditions en se désintéressant des causes. Mais tous les biologistes ne sont pas aussi exclusifs, et certaines interprétations tendent à faire de la nature la Société protectrice des animaux ou la Société de l'Art pour tous. Ces diverses manières de voir comportent une large part d'appréciation purement subjective : si le finalisme, banni des sciences physiques, persiste dans les sciences naturelles, cela tient sans doute à ce que, préoccupé de ses fins dernières, l'homme trouve tout simple de rechercher les fins et les buts de la nature vivante, qui est voisine de lui, et non ceux de la nature brute moins proche de lui. « L'homme, vivant en même temps que pensant, a plus de peine à bien objectiver les phénomènes de la vie », mais cela ne signifie pas que les sciences biologiques soient en retard sur les autres.

Si nous concevons que la seule action de la Force dirigée a produit la Matière et fait apparaître la Vie, nous restons en face de ces deux termes : la Force dirigée et la Pensée. Sont-ils réductibles à un seul? D'une façon irréversible, oui, c'est-à-dire dans un sens et pas dans l'autre. On peut concevoir très bien la Pensée comme capable de diriger une Force et même de produire celle-ci. L'inverse est tout à fait inconcevable.

Dans le monde inanimé, les diverses formes d'énergie (mécanique, élastique, électrique, chimique, calorifique, lumineuse) se transforment les unes dans les autres, et ces transformations sont soumises à la grande loi de la dégradation de l'énergie et de l'irréversibilité partielle ou totale entre ces diverses formes. Par exemple, tandis que l'énergie mécanique est capable de se transformer intégralement en énergie calorifique, l'énergique calorifique ne peut se transformer en énergie mécanique que s'il existe une différence de température, et cette transformation est toujours incomplète. « Beaucoup de physiciens et spécialement Lord Kelvin, frappés par cette universelle dégradation d'énergie, y voient la grande loi du monde actuel, et en déduisent sa marche fatale vers l'homogène, l'abaissement de toutes les énergies supérieures à la forme calorifique tendant vers un équilibre de température. » Dans ce retour au néant, la vie apparaît à M. Houssay comme un arrêt partiel, et même comme « une réhabilitation d'énergie transformant l'énergie chimique en énergie mécanique, sans chute de température interposée, permettant même l'apparition d'énergies nouvelles que le monde brut ignore et qui sont manifestement des formes supérieures, je veux dire des énergies psychiques ».

L'être vivant plastique est modelé directement par les énergies du milieu (M. Houssay l'a montré en particulier pour les poissons), et c'est en cela que consiste l'adaptation. L'auteur voit dans un animal « un complexe local et momentané d'énergie captive, qui est sa matière, et d'énergie libre, et, chez les plus hautement structurés, une partie de l'énergie libre revêt l'aspect psychique ». Il indique comme représentation du concept d'âme « la quantité finie d'énergie psychique qui peut devenir actuelle dans un corps animal, c'est-à-dire dans un ensemble matériel compliqué, longuement modelé et préparé par l'antérieure action des énergies ». On aperçoit cette énergie psychique épandue par le monde aux réactions qu'elle donne sur certains organismes particulièrement compliqués, et l'on peut admettre sans effort que cette supériorité soit limitée à quelques animaux très évolués, alors que l'immense majorité du monde vivant et tout le monde brut demeurent sans conscience et sans intelligence. La forme psychique de l'énergie est donc la forme la plus élevée que nous connaissions. Or nous voyons l'énergie physique se dégrader et se dissiper : nous voyons s'évanouir la matière et la forme, mais « qu'advient-il de l'énergie psychique qui était arrivée au système personnalisé ? Sûrement elle ne se détruit pas, mais demeure-t-elle édifiée en un système distinct? Sur ce point la science n'a aucune réponse. On ne peut affirmer la conservation; on ne peut affirmer la dissipation. Il y a des visions et des suggestions scientifiques de l'une et de l'autre alternative. Nous perdons tout appui, mais aussi toute force pour assurer que le pari de Pascal ne comporte aucune chance. Dès lors nous n'avons aucun droit pour faire opposition aux doctrines qui, autrement fondées, y mettraient une croyance ou une espérance ».

Enfin M. Houssay se propose de montrer comment « la bonté aussi a émergé du confus bouillonnement des choses, et il faudra bien nous attendre à ne pas la voir universelle, pas plus que la vie, pas plus que la libre mobilité, ou que l'intelligence. Ce serait déjà beaucoup que d'y apercevoir un des terminus, pour ne pas dire un des buts vers lesquels l'évolution a été dirigée ». « H. Poincaré avait déjà dit en pensant à l'apparition de l'intelligence dans le monde : « C'est comme un éclair dans la nuit, mais c'est cet éclair qui est tout. » Nous ajouterons pour notre part : l'arrivée de la vie dans la bonté et dans l'intelligence ne peut être véritablement conçue que comme un retour, une réhabilitation d'énergie, un dernier reflet de la cause initiale qui émerge de la dégration continue. C'est moins un progrès qu'un sauvetage, si tant est que ces mots trop brutaux et trop précis puissent être ainsi employés. »

Le beau livre de M. Houssay plaira surtout à ceux qui trouvent trop étroites les limites où s'enferme d'ordinaire la science prudente en ses affirmations, mais ceux mêmes qui n'accepteront pas les conclusions de cet ouvrage ne regretteront pas de l'avoir lu. L'auteur l'a dédié à la mémoire de son fils Marc Houssay, mort pour la France le 20 août 1914 ; il l'a écrit aux heures angoissantes de la guerre, recherchant « dans ces pensées qui débordaient les funestes événements un refuge, un apaisement, une sérénité. Puisse, dit-il, leur méditation rendre au lecteur une partie du bien que leur élaboration nous a fait ».

MARCEL DUFOUR,
Professeur à la Faculté de Médecine d'Alger.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 17 Août 1920

1° Sciences mathématiques. — MM. **L. Barbillion** et **M. Dugit** : *Sur une nouvelle classe d'appareils de mesure pour l'évaluation directe des grandeurs fonctions de deux variables.* Les auteurs ont construit une nouvelle classe d'appareils à deux aiguilles, qui se distinguent des instruments courants à deux aiguilles rectilignes tournant autour d'axes distincts par l'emploi, soit de deux aiguilles curvilignes de formes particulières, soit d'un système composé le plus généralement d'une aiguille curviligne et d'une aiguille rectiligne; les aiguilles tournent autour d'un axe commun. L'emploi de deux arcs de spirales logarithmiques ou d'une droite et d'une spirale logarithmique a donné d'excellents résultats. Les auteurs ont construit sur ce principe un appareil indicateur de vitesse relative pour aéronef et un appareil de contrôle de la carburation dans les moteurs à explosion. — M. **Ch. Nordmann** : *Sur les pouvoirs absorbants des atmosphères des étoiles. Méthode permettant de les comparer et d'en déterminer les valeurs numériques minima.* La méthode de l'auteur repose sur la comparaison des rendements lumineux réels des étoiles (ramenées à la même grandeur stellaire) avec les rendements lumineux du « corps noir » correspondant aux températures effectives de ces étoiles. Il trouve que les étoiles du type solaire, comparées aux étoiles plus chaudes, émettent proportionnellement moins de lumière et plus de chaleur que si elles étaient assimilables à des radiateurs intégraux. L'absorption générale des atmosphères des étoiles décroît donc, en moyenne, régulièrement lorsqu'on passe des étoiles solaires aux étoiles plus chaudes.

2° Sciences physiques. — MM. **H. Gault** et **R. Weick** : *Cas d'isomérie dans la série des α-cétoacides aromatiques.* En faisant agir une solution d'acétate de sodium sur l'éther phénylpyruvique liquide β, les auteurs ont isolé une troisième modification γ de cet éther, F. 79°, non colorable par le perchlorure de fer. Les deux formes α et β peu stables paraissent être les deux formes énoliques isomères géométriques, tandis que la forme γ serait la forme cétonique. — M. **R. Fosse** : *Synthèse d'une deuxième diamide, l'oxamide, par oxydation du sucre et de l'ammoniaque.* En oxydant le saccharose dissous dans l'ammoniaque concentrée par le permanganate de calcium cristallisé, l'auteur a obtenu le diamide de l'acide oxalique $NH^2.CO.CO.NH^2$. La formation de ce corps, comme celle de l'urée $NH^2.CO.NH^2$ déjà réalisée antérieurement, provient d'une même source, l'acide cyanhydrique, qui dérive lui-même de l'oxydation de l'aldéhyde formique et de l'ammoniaque. — MM. **M. Tiffeneau** et **Orekhoff** : *Sur la transposition hydrobenzoïnique. Influence de la nature du réactif.* Si l'on excepte le cas du triphénylglycol qui réagit de la même façon aux divers agents de déshydratation et qui d'ailleurs n'est pas une alcoylhydrobenzoïne, mais une arylhydrobenzoïne, on peut conclure que, suivant que le réactif (SO^4H^2) est employé à l'état concentré ou dilué, la déshydratation des alcoylhydrobenzoïnes peut s'orienter dans plusieurs sens différents et provoquer la migration de l'un ou l'autre des deux radicaux phényles de ces hydrobenzoïnes.

3° Sciences naturelles. — M. **H. A. Brouwer** : *Sur la nature du conglomérat diamantifère de Diamantina (Brésil).* L'auteur considère le diamant comme détritique dans les sédiments de Diamantina. Les variations de nature et de puissance d'un même banc, la stratification entre-croisée, la disparition assez rapide d'un faisceau de bancs et les irrégularités de parallélisme de toutes ces formations montrent qu'elles résultent d'un dépôt rapide sous l'influence de courants dont la violence et la direction ont varié dans de grandes limites. — M. **J. Kunstler** : *Sur un traitement préventif de l'oïdium.* Ce traitement consiste à découvrir, en hiver ou au printemps, la base des ceps malades jusqu'à une profondeur de 10 à 20 cm. et à répandre, tout autour de ces pieds, une poignée de soufre en poudre, puis à combler les trous avec de la terre. L'oxydation du soufre dans le sol dégageant des vapeurs sulfureuses, celles-ci se répandent dans la terre ambiante et enrayent le développement des germes infectieux. — M. **F. Grenet** : *Sur l'apparition de la levure alcoolique dans les vignobles.* Pasteur a montré que la levure alcoolique n'apparaît dans les vignobles qu'au moment de la maturation du raisin. D'après l'auteur, elle serait apportée principalement par une toute petite mouche, la *Drosophila melanogaster.* Elle se présente au vignoble lors de la maturation des grappes, au moment des exsudations des grains résultant des chocs produits par les vents, le passage de l'homme et des animaux, les attaques des oiseaux et gros insectes; elle butine et dépose ses germes sur les grappes et les bois. — M. **P. Wintrebert** : *L'époque d'apparition et le mode d'extension de la sensibilité à la surface du tégument chez les Vertébrés anamniotes.* La sensibilité cutanée, apparue chez tous les Vertébrés anamniotes au niveau de la région antérieure du tronc, s'étend d'abord, chez tous, graduellement vers la queue; mais, tandis que, chez les Poissons et certains Amphibiens (*Salamandra* et *Alytes*), elle continue d'envahir lentement et progressivement le corps entier, elle se généralise soudain, chez la plupart des Amphibiens, à toute la surface cutanée; cette extension brusque des zones excitables est due à l'apparition d'une irritabilité ectodermique aneurale qui se superpose à la sensibilité nerveuse dans les territoires où celle-ci est déjà développée. — MM. **L. Scheffler**, **A. Sartory** et **P. Pellissier** : *Sur l'emploi du silicate de soude en injections intraveineuses. Effets physiologiques et thérapeutiques.* Le silicate de soude peut être employé en injection intraveineuse sans danger ou inconvénient à la dose de 5 mgr. pour commencer et de 1 cgr. tous les deux jours pendant 15 à 20 jours. Cette méthode s'applique utilement au traitement des maladies justiciables de la médication siliceuse : artério-sclérose, affections cardio-rénales, angines. — M. **C. Levaditi** : *Tentative de culture du Tréponème pâle, en symbiose avec les éléments cellulaires.* Placé dans des conditions qui permettent la culture des éléments cellulaires conjonctifs *in vitro*, le tréponème pâle, contrairement au virus de la poliomyélite et de la rage, non seulement ne se cultive pas, mais perd rapidement sa vitalité et sa virulence. — M. **E. Joltrain** : *Valeur de la réaction de fixation de Bordet dans le diagnostic de la peste.* L'auteur, ayant eu entre les mains un certain nombre de sérums appartenant à des malades atteints de peste bubonique ou considérés comme suspects, a recherché la déviation du complément en prenant comme antigènes des cultures de bacilles de Yersin. La réaction de fixation s'est montrée nettement positive dans plusieurs cas confirmés bactériologiquement. Dans 4 cas douteux au point de vue clinique et dans lesquels l'agglutination se montrait négative, la réaction de Bordet a été révélatrice, et le diagnostic a été confirmé ultérieurement. — M. **C. Gessard** : *Sous-races des bacilles pyocyanoïdes.* Par vieillissement des cultures de bacilles pyocyanoïdes, l'auteur a obtenu une espèce qui non seulement ne produit plus de pigment, mais encore est dépourvue de l'odeur caractéristique, et qui ne garde de son état primitif que la forme et les deux réactions spécifiques : pouvoir gélatinolytique et sensibilité au sérum de Launoy empêchant cette liquéfaction.

Séance du 23 Août 1920

1° Sciences physiques. — M. **R. Swyngedauw** : *Sur les surtensions créées par les harmoniques 3 de saturation des transformateurs triphasés.* Dans le cas où les circuits secondaires haute tension du transformateur triphasé sont associés en étoile et ont leur neutre connecté à la terre, les circuits du primaire et de l'alternateur associés en étoile, dont une au moins est isolée, la résonance des harmoniques de saturation est possible et peut, avec des transformateurs travaillant à forte saturation, donner des surtensions importantes avec les longueurs de câble usuelles; mais l'action des harmoniques 3 est surtout à craindre au moment de l'enclanchement et du déclanchement du disjoncteur. — M. **P. Bary** : *Le soufre colloïdal.* Le soufre colloïdal susceptible de fournir des solutions aqueuses n'est pas du soufre pur, mais un composé contenant le soufre à l'état condensé ou fortement polymérisé ; ces combinaisons de soufre polymérisé sont aisément dissociables et ne subsistent en milieux aqueux qu'en présence des éléments qui peuvent limiter la décomposition. Les acides polythioniques donnent des suspensions limpides par suite du gonflement très grand de ces corps dans l'eau; ce gonflement est empêché ou favorisé, suivant les cas, par l'action des électrolytes. Quand le gonflement devient faible, les granules perdent leur transparence, la liqueur prend l'aspect laiteux et elle perd de sa stabilité. Les acides polysulfhydriques et les polysulfures alcalino-terreux ne sont que faiblement gonflables par l'eau et ne fournissent jamais que des suspensions instables d'apparence laiteuse.

2° Sciences naturelles. — M. **A. Lacroix** : *Sur l'existence à Madagascar d'un silicate de scandium et d'yttrium, la thortveitite.* La thortveitite, silicate de scandium et d'yttrium de formule $(Sc, Y)^2Si^2O^7$, découverte en Norvège, à Iveland, en 1911, vient d'être retrouvée en quantités appréciables dans la pegmatite de Befanamo, à l'est d'Ankazobé (Madagascar). Certains cristaux atteignent 10 cm. de longueur ; ils sont orthorhombiques, généralement étirés en pointe, translucides, d'un vert jaune. Ils présentent fréquemment une macle binaire, parallèlement à g $^2/_3$, et des plans de séparation suivant un orthodome a^6, probablement d'origine secondaire. — M. **J. Feytaud** : *Sur la destruction des Termites par la chloropicrine.* Les vapeurs de chloropicrine sont très efficaces sur les Termites. Par une température de 20°, 2 mgr. par litre sont suffisants avec 12 h. d'exposition, et 5 mgr. avec 6 h., pour obtenir une mortalité générale parmi les Termites, soit en liberté sous une cloche, soit à l'intérieur de fragments de bois d'une épaisseur de 10 cm. A cette température, les vapeurs se répandent assez vite jusque dans la profondeur à partir d'un ou plusieurs orifices de galeries. Les Termites, même lorsqu'ils ne meurent pas immédiatement, restent paralysés et meurent après quelques jours. Ce procédé a été appliqué avec succès à la désinfection d'une maison termitée.

Séance du 30 Août 1920

M. le Président annonce le décès de M. **W. Voigt**, correspondant de l'Académie pour la Section de Mécanique.

1° Sciences mathématiques. — M. **H. Deslandres** : *Sur la reconnaissance dans les étoiles des couches successives de leur atmosphère et des variations périodiques de ces couches.* L'auteur rappelle que les trois raies superposées, de largeur décroissante, du calcium K_1, K_2, K_3 dans le spectre solaire représentent trois couches distinctes superposées de l'atmosphère du Soleil, au-dessus de la surface. La recherche de ces raies dans le spectre des étoiles permettra d'étudier aussi les couches successives de leur atmosphère et leurs variations. Déjà, MM. Schwarzschild et Eberhard ont photographié la raie K_2 d'Arcturus, et M. Burson l'a retrouvée à l'Observatoire de Meudon. — M. **d'Azambuja** : *Sur le spectre de la nouvelle étoile du Cygne.* Le spectre reconnu est compris entre 4861 A ($H\beta$) et 3060 A. De nombreuses raies y apparaissent, se détachant sur un fond continu assez intense. Les principales d'entre elles peuvent être identifiées avec les raies constituant la première série secondaire de l'hydrogène, de $H\beta$ à $H9$. A partir de 3650 A, le spectre paraît continu, avec quelques condensations très diffuses et à peine marquées. Les raies semblent toutes présenter, à des degrés divers, l'aspect caractéristique déjà signalé dans les novæ antérieures. — M. **Burson** : *Sur le spectre* de Nova Cygni. Le spectre est dans son ensemble le spectre classique des novæ; il offre les raies de la chromosphère solaire, dues à l'hydrogène et au calcium, très larges et doubles, l'une des raies étant noire et déplacée fortement vers le violet, l'autre étant brillante et déplacée fortement vers le rouge par rapport à la première ; les deux raies apparaissent ainsi accolées. — M. **E. Jouguet** : *Sur les ondes de choc dans les corps solides.* L'auteur établit les formules qui régissent la propagation des ondes de choc dans les corps solides, en considérant des déformations finies. Ces formules sont analogues à celles que Duhem a trouvées pour la propagation des ondes de choc dans les fluides visqueux lorsque les lois de la viscosité sont telles qu'elles permettent cette propagation. — M. **J. Andrade** : *Sur les organes réglants des chronomètres.* L'auteur montre que, sous la condition de validité de l'hypothèse des techniciens, on pourrait réaliser, avec deux spiraux Le Roy, les mêmes avantages qu'avec huit spiraux associés pour la production d'un couple mécanique rigoureusement pur et régulièrement sinusoïdal.

2° Sciences physiques. — M. **E. Ariès** : *Sur la chaleur spécifique des vapeurs saturées aux basses températures.* M. Bruhat, dans une note récente, est arrivé, en partant d'une formule de Planck, à la conclusion que la chaleur spécifique m' d'une vapeur saturée, très grande et négative aux basses températures, tend vers $-\infty$ au zéro absolu. L'auteur montre qu'il n'en est rien et que le coefficient m', très petit et positif au voisinage du zéro absolu, s'annule à cette température. — MM. **Orékhoff** et **M. Tiffeneau** : *Sur la transposition hydrobenzoïnique. Influence de la substitution paraméthoxylée sur la déshydratation des triarylglycols.* Sous l'action d'un même agent déshydratant, les triarylglycols peuvent se transformer diversement, avec ou sans transposition moléculaire. Lorsque la fonction alcool secondaire est à côté d'un radical phényle, il n'y a pas transposition (formation de cétone) ; lorsque ce radical est un anisyle, il y a transposition avec formation, tantôt d'un produit unique qui est un aldéhyde trisubstitué (migration de l'anisyle), tantôt du même aldéhyde accompagné d'une cétone (migration du phényle). Ces réactions transpositrices, simples et mixtes, dépendent de la position des oxhydryles éliminés, et la stabilité de ces oxhydryles paraît elle-même conditionnée par la nature des radicaux substituants.

3° Sciences naturelles. — M. **G. Zeil** : *Les mouvements ascensionnels de l'écorce terrestre et les récurrences de l'érosion souterraine.* Dans l'érosion interne, comme dans l'érosion superficielle, l'auteur admet des récurrences érosives, en relation avec les réajustements des voussoirs, dont les effets s'échelonnent de haut en bas, la plus récente étant la moins élevée. — M. **E. Aubel** : *Influence de la nature de l'aliment carboné sur l'utilisation de l'azote par le* Bacillus subtilis. La nature de l'aliment carboné exerce une influence nette sur l'utilisation de l'azote par le bacille, cultivé sur milieu à l'asparagine. La source carbonée donnant les meilleurs résultats était fournie par les carbones cétoniques, puis venait le carbone aldéhydique, et enfin les carbones liés directement à l'hydrogène.

Séance du 6 Septembre 1920

1° Sciences mathématiques. — M. **M. Laubeuf** : *Sur un petit sous-marin destiné aux travaux océanographiques.* L'auteur présente les données d'un avant-projet de petit sous-marin (longueur : 18,8 m., largeur : 2,3 m. ;

déplacement : 50 tonneaux), destiné aux travaux océanographiques, tels que : prises d'échantillons de l'eau et du fond, température, transparence de l'eau, direction et vitesse des courants, récolte du plankton. Il permettrait d'obtenir des résultats importants pour l'étude de la région comprise entre la surface et la profondeur de 80 à 100 m., région où se fait la pêche. — M. **Ch. Nordmann** : *Observations de la nouvelle étoile du Cygne faites au photomètre hétérochrome de l'Observatoire de Paris.* La grandeur stellaire de la Nova était le 27 août au soir de 3,43, et le 29 août au soir de 4,01. D'autre part, la température effective de la Nova était le 27 août au soir d'environ 6.100°, et le lendemain d'environ 7.800°. La température effective de l'étoile a donc augmenté pendant que son éclat apparent diminuait, fait qui reste à expliquer.

2° Sciences physiques. — M. **J. Rouch** : *Inversions de température dans les couches basses de l'atmosphère dans l'Antarctique.* Pendant l'expédition Charcot, l'auteur a fait 202 observations simultanées de température en deux stations distantes de 300 m., l'une à 2 m., l'autre à 35 m. d'altitude. Il a noté 45 fois une inversion de température (température plus basse à la station inférieure). Les inversions se produisent par calme ou vent faible et sont d'autant plus fortes que la température est plus basse.

3° Sciences naturelles. — M. **A. Lacroix** : *Sur les groupements réguliers de deux minéraux différents constituant certains fers titanés.* Il semble résulter des recherches de l'auteur que, tant que dans un fer titané rhomboédrique renfermant du sesquioxyde de fer la proportion du titane est très élevée, il se produit des cristaux homogènes à forme de crichtonite; puis, lorsque la composition s'approche de l'égalité entre les deux composants, chacun d'eux s'individualise pour former une perthite, c'est-à-dire une association géométrique régulière, à axes parallèles, de deux minéraux différents, qui possèdent ici le même système cristallin. Quant aux fers titanés octaédriques, ils constituent des associations perthitiques de type octaédrique de crichtonite et de magnétite.

Séance du 13 Septembre 1920

1° Sciences mathématiques. — M. **A. Blondel** : *Sur le calcul des lignes électriques par l'emploi de fonctions vectorielles en notations réelles.* L'auteur expose une méthode de calcul des lignes électriques qui a les mêmes avantages que la méthode des imaginaires, mais qui n'utilise que des quantités réelles; elle repose sur l'introduction de séries vectorielles. — M. **C. Camichel** : *Sur la transmission de l'énergie par les vibrations de l'eau dans les conduites.* A propos d'un mémoire récent de M. Constantinescu sur ce sujet, l'auteur fait remarquer que les procédés employés par cet auteur pour la transmission de l'énergie au moyen des vibrations de l'eau dans les conduites dérivent de ceux qu'il a publiés en 1915 et 1916, et qui se rapportent tant à la production même des vibrations (robinet tournant, clapet automatique) qu'à leur utilisation (moteur hydraulique synchrone).

2° Sciences physiques. — M. **C. Störmer** : *Sur quelques rayons auroraux observés le 22 mars 1920 et atteignant l'altitude de 500 km.* L'auteur et ses assistants ont observé l'aurore boréale du 22-23 mars dernier en sept stations photographiques de Norvège, reliées par téléphone et distantes de 26 à 244 km. Le calcul des photogrammes montre, pour les sommets des rayons auroraux, des altitudes très grandes, de l'ordre de 500 km. au-dessus de la Terre. — M. **F. Vlès** : *Sur quelques propriétés spectrales de la toxine tétanique.* L'auteur a fait une série de recherches de spectrophotométrie ultraviolette sur la toxine tétanique seule, puis après chauffage prolongé à 65° (qui annule ou atténue la propriété toxique) ou après action de l'antitoxine spécifique. Les résultats de l'action de la chaleur et de l'antitoxine sur le complexe toxique sont vraisemblablement l'élimination de deux groupements moléculaires de ce complexe, soit par séparation mécanique, soit par réaction chimique. — M. **E. Canals** : *Dosage du calcium et du magnésium dans différents milieux salins.* Il est possible, dans certaines conditions d'expérience, de séparer complètement Ca et Mg des sels de Fe et Al, en opérant en milieu acétique et en agitant fortement au moment du traitement par l'acide acétique.

3° Sciences naturelles. — M. **A. Chevalier** : *Sur l'origine des Pommiers à cidre cultivés en Normandie et en Bretagne.* Dans l'état actuel de nos connaissances, il paraît nécessaire de scinder le *Malus communis* en 4 espèces élémentaires, susceptibles de s'hybrider entre elles en produisant des races fertiles nombreuses, origine de toutes les sortes cultivées; ce sont les : *Malus acerba* Mérat, *M. dasyphylla* Borkh., *M. præcox* Borkh. (les deux réunis souvent sous le nom de *M. pumilla* Mill.), enfin *M. prunifolia*. Les nombreuses variétés de pommiers à cidre cultivés dans l'Ouest doivent être rattachées au *M. dasyphylla*. — M. **J. L. Dantan** : *Le bourgeonnement chez les Antipathaires.* Il y a d'abord formation, aux dépens de l'endoderme, de deux entérotoxelles, qui se différencient pour donner les cloisons latérales, les entéroïdes et l'actinopharynx; par suite, ces deux derniers organes ne sont pas, comme on l'a admis jusqu'ici, d'origine ectodermique; ce n'est que par un phénomène de convergence histologique qu'ils ont pris un aspect se rapprochant davantage de celui du feuillet externe. Le jeune bourgeon n'a d'abord que ses deux cloisons latérales; puis il apparaît, à peu près au moment où se forme la bouche, quatre autres entérotoxelles qui ne donnent que les cloisons sagittales; on a alors le stade réalisé chez l'adulte dans les genres *Cladopathes* et *Sibopathes*. — MM. **A. Marie** et **L. Mac Auliffe** : *Influence du milieu parisien sur la race.* Le climat parisien et la vie urbaine créent des modifications de la forme humaine qui peuvent se définir ainsi : cheveux et yeux moins pigmentés que dans le reste de la France en général, développement cranien plus marqué par rapport à la taille, raccourcissement des membres.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 24 Juillet 1920 (fin)

M. **A. Guieysse-Pellissier** : *Absorption par le poumon d'huile renfermant les produits de macération des bacilles tuberculeux.* En suivant les phases de l'absorption, l'auteur a constaté, après une injection d'huile dans laquelle on a fait macérer des bacilles tuberculeux, de grandes différences avec l'huile ordinaire : lipolyse plus rapide et absorption plus facile; formation dans les cellules épithéliales d'une substance qui, tout en étant assez différente, présente de grandes ressemblances avec la substance des grains des leucocytes éosinophiles. — MM. **C. Levaditi** et **P. Harvier** : *Recherches sur le virus de l'encéphalite épidémique.* Les émulsions de rétine et de nerf optique de lapins morts d'encéphalite se sont montrées virulentes, tandis que le filtrat de muqueuse nasale ne l'était pas. Au niveau des fosses nasales, la muqueuse normale s'oppose à la pénétration du virus de l'encéphalite, laquelle n'est possible qu'après scarification ou inflammation de cette muqueuse. Il est possible de transmettre l'encéphalite au lapin en inoculant le virus dans le testicule.

Séance du 31 Juillet 1920

M. **M. Minkowski** : *Réflexes et mouvements de la tête, du tronc et des extrémités du fœtus humain pendant la première moitié de la grossesse.* Le fœtus de 2 à 2 1/2 mois présente déjà des mouvements de la tête, du tronc et des extrémités; ces mouvements sont lents, asymétriques, arythmiques, incoordonnés; on y constate aussi déjà des réflexes cutanés et proprioceptifs, courts et longs, homolatéraux et croisés. Entre 3 et 4 1/2 mois, on observe en outre des réflexes toniques, probablement d'origine cervicale. Chez tous ces fœtus, il existe également un tonus élastique des membres, maintenant de préférence une position déterminée et les y

ramenant quand ils en ont été écartés passivement. Le fœtus représente à ces stades un être essentiellement bulbo-spinal à névraxe embryonnaire, et c'est à quoi correspondent ses réactions. — MM. **A. Gosset, G. Lœwy** et **J. Magrou** : *Un mode de formation des calculs de cholestérine.* Les auteurs ont observé sur une vésicule biliaire la formation de calculs de cholestérine « en miniature ». Ceux-ci sont d'origine sous-épithéliale, et les sphérules qui les constituent sont élaborés, selon toute apparence, par les cellules du chorion muqueux. Sur l'une des préparations, la pédiculisation est tellement prononcée que le grain semble prêt à se détacher et à tomber dans la cavité vésiculaire. — **M. J. Jolly** : *Le tissu lymphoïde considéré comme un tissu de réserve.* Le tissu lymphoïde est formé surtout de cellules à noyau bien développé et très pauvres en protoplasma. Il doit être considéré comme un tissu de réserve de matériaux nucléaires, auquel l'organisme fait appel lorsqu'il en a besoin (dans le jeune par exemple), de préférence aux noyaux des cellules glandulaires, indispensables à son bon fonctionnement.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 10 Juin 1920

1° Sciences physiques. — **Sir J. Dobbie** et **M. J. J. Fox** : *L'absorption de la lumière par les éléments à l'état de vapeur : sélénium et tellure.* Dans un mémoire antérieur[1], les auteurs ont montré que l'absorption de la lumière par la vapeur de S atteint un maximum à une température d'environ 650° C, et qu'à cette température la densité de vapeur correspond au poids moléculaire moyen S^3. Se et Te se comportent comme S, l'absorption augmentant jusqu'à une certaine température pour diminuer ensuite. Pour Se, l'absorption maximum a lieu entre 650° et 700°, région où la densité de vapeur correspond à un poids moléculaire moyen Se^3. Pour Te, le maximum d'absorption se produit vers 1.200°; on sait qu'à 1.800° cet élément est formé de molécules Te^2; il est probable qu'au-dessous sa vapeur se compose de molécules plus complexes, mais on n'a pas de données exactes à ce sujet. Les spectres d'absorption de Se et Te sont caractérisés par la présence d'un grand nombre de bandes étroites et nettes; celui du Te présente en outre une large bande d'absorption dont le centre est aux environs de λ 3.800. — **Sir J. Dobbie** et **M. J. J. Fox** : *L'absorption de la lumière par les éléments à l'état de vapeur : mercure, cadmium, zinc, phosphore, arsenic, antimoine.* Ces éléments, à l'inverse de ceux du groupe du soufre, ne présentent pas de spectres d'absorption cannelés quand on emploie le filament de Nernst comme source de lumière. Hg, Cd et Zn, qui sont monoatomiques, transmettent pratiquement l'ensemble de la lumière à toutes les températures. Cd, par contre, présente quelques bandes d'absorption étroites, la plus marquée à λ 3.261. Dans le cas des éléments tétratomiques P, As et Sb, l'absorption générale augmente régulièrement avec la température jusqu'à 1.400° C. Il n'y a pas d'indice d'un maximum, suivi d'une diminution de l'absorption. Les phénomènes particuliers d'absorption des éléments du groupe du soufre sont très probablement dus à la désagrégation d'un complexe en molécules plus simples (S^3 en S^2), avec formation de molécules d'une complexité intermédiaire. Aucune dissociation de ce genre ne peut se produire avec les molécules monoatomiques. Quant aux éléments tétratomiques, ils se dissocient sans aucun doute; mais les modifications sont moins compliquées que dans le cas du S, les molécules tétratomiques se scindant simplement en molécules diatomiques. Il se peut toutefois qu'au-dessus de 1.400° (température au-dessus de laquelle on ne peut plus utiliser les tubes de silice), une dissociation plus accentuée se produise, accompagnée de phénomènes d'absorption analogues à ceux qu'on observe dans le cas du S. — **M. A. E. H. Tutton** : *Les séléniates doubles monocliniques du groupe du cuivre.* Ce mémoire traite des quatre séléniates doubles de la série $R^2M(SeO^4)^2.6H^2O$ (où M = Cu et R = K, Rb, Cs et NH^4), dont l'auteur a fait l'étude cristallographique et physique complète, sur le modèle de celle des séléniates doubles de Mg, Zn, Fe, Ni et Co et des sulfates doubles correspondants. Les résultats obtenus confirment les conclusions déduites de l'étude des autres séries, et cela d'une façon particulièrement frappante, car les cristaux de la série cuivrique possèdent des angles et des éléments morphologiques et des constantes physiques qui diffèrent d'une manière appréciable en valeur absolue de ceux des cristaux des autres séries, ce qui était déjà le cas pour les sulfates doubles cuivriques. L'auteur voit dans le parallélisme entre la progression des valeurs précédentes et la progression de la complexité des atomes des métaux alcalins une conséquence de la loi de Moseley reliant le nombre atomique à la structure et à la complexité atomiques. — **M. E. C. Grey** : *Les enzymes du* B. coli communis *qui entrent en jeu dans la décomposition du glucose et du mannitol.* IV : *La fermentation du glucose en présence d'acide formique.* En opérant la fermentation du glucose par les bactéries en présence de formiate de Ca, l'auteur a pu renverser l'équilibre normal qui existe entre certains produits de la fermentation et montrer qu'en réalité ils sont formés par des actions enzymiques séparées. Jusqu'à présent, on avait obtenu une relation à peu près constante entre l'acide formique et CO^2, d'une part, l'alcool et l'acide acétique, de l'autre. L'auteur fait voir que cette relation est plus accidentelle qu'essentielle. Elle résulte probablement du fait que l'H qui provient de la décomposition de l'acide formique coopère à la formation de l'alcool; ainsi les deux réactions de formation d'alcool et de CO^2 tendent à se poursuivre parallèlement. L'addition d'acide formique au début de la fermentation tend, par contre, à prévenir la production d'acide formique aux dépens du glucose, et à détruire le rapport qui existe normalement entre l'acide formique et l'alcool et l'acide acétique, ce qui prouve que ces produits sont le résultat d'au moins deux actions enzymiques distinctes. Si l'on combine ce résultat avec la découverte précédente de l'auteur, à savoir que l'acide lactique est formé par le *B. coli* aux dépens du glucose par un mécanisme indépendant de ceux qui donnent naissance aux autres produits, on arrive à la conclusion que le glucose peut se décomposer, sous l'influence de ces enzymes bactériennes, de trois façons indépendantes, en donnant naissance aux trois groupes de produits suivants : 1° acide formique, CO^2 et H; 2° alcool, acide acétique et acide succinique; 3° acide lactique. Ces groupes représentent sans doute trois lignes différentes de clivage de la molécule de glucose sous l'influence des enzymes.

2° Sciences naturelles. — **M. L. T. Hogben** : *Études sur la synapsis.* II : *La conjugaison parallèle et le complexe de la prophase chez les* Periplaneta. La synapsis chez les Orthoptères a été le sujet de grandes controverses. Les premières manifestations de la synapsis dans les ovaires des Blattes se décèlent avec beaucoup plus de facilité que dans l'organe mâle. Elles comportent dans chaque cas la conjugaison parallèle par paires du nombre diploïde complet de boucles leptoténiques. L'auteur confirme la description donnée par Morse de l'origine des anneaux hétérotypiques par la séparation des filaments diploténiques le long de la ligne de clivage, et il la complète par une analyse segmentaire du complexe de la métaphase. Il montre qu'à ce stade deux chromosomes (d et a^1) conservent l'état bouclé du bouquet post-synaptique jusqu'à ce que les autres se soient divisés — fait qui a conduit les auteurs antérieurs à interpréter la genèse des chromosomes annulaires hétérotypiques suivant l'hypothèse télosynaptique. M. Hogben décrit en détail la vacuolisation du plasmosome pendant la formation du jaune dans l'oocyte; il montre que les granules dits de « chromatine », décrits par tant d'auteurs comme émis pendant la formation du jaune dans l'œuf de l'insecte, sont en réalité des produits du plasmosome. Il n'y a aucun indice que, chez les *Peri-*

1. *Rev. gén. des Sc.* du 30 mai 1919, p. 328.

planeta, le plasmosome ait une relation quelconque avec l'organisation de la chromatine du noyau. — M. **H. G. Cannon** : *Production et transmission d'un effet du milieu chez le* Simocephalus vetulus. L'auteur a entrepris des expériences pour confirmer le travail d'Agar sur la production et la transmission d'une anomalie chez le *Simocephalus vetulus*. La grandeur de cette anomalie, qui consiste dans une modification de la courbure des valves de la carapace, peut être mesurée par le rapport L/W de la longueur à la largeur. L'auteur montre que cette anomalie peut être produite en alimentant l'animal par une culture ne contenant pratiquement aucun autre Protozoaire que le *Chlamydomonas*. On trouve que le rapport L/W est trop variable pour tirer de sa mesure des considérations sur l'existence ou la non-existence d'une anomalie de la grandeur indiquée par Agar. Les expériences montrent que l'animal n'élabore aucun anticorps pour éliminer la cause de l'anomalie. — MM. **A. V. Hill** et **W. Hartree** : *Les propriétés thermo-élastiques du muscle*. L'emploi d'une thermopile dans une chambre bien close, immergée dans de l'eau agitée à l'intérieur d'un vase à vide à double paroi, ainsi que l'enregistrement photographique de la réponse galvanométrique, ont permis aux auteurs de noter les conséquences thermiques de l'extension d'un muscle (ou d'une pièce de caoutchouc) et du relâchement d'un muscle déjà tendu. Quand un muscle, vivant ou mort, est *tendu*, de la chaleur se dégage, en assez grande quantité d'abord, puis à un taux rapidement décroissant. Quand un muscle tendu est relâché, il absorbe d'abord rapidement de la chaleur, puis il en dégage lentement. Dans un cycle complet d'allongement et de raccourcissement, le résultat net est une production de chaleur, d'autant plus grande que l'intervalle entre les deux processus est plus long. Ces effets thermo-élastiques sont assez importants pour introduire une complication notable dans la mesure de la production de chaleur d'un muscle vivant excité à la contraction. On peut les expliquer de la façon suivante : 1° Le muscle, comme une corde à violon, se raccourcit par élévation de température; réciproquement, d'après la seconde loi de la Thermodynamique, il s'échauffe lorsqu'on l'étend et se refroidit lorsqu'on le relâche. C'est ce qui explique les effets initiaux; 2° Le muscle, comme les autres gelées colloïdales, prend un certain temps pour atteindre son équilibre de longueur lorsqu'on le soumet à une force; par conséquent, à l'extension il accomplit *plus* de travail, et au relâchement *moins* de travail que celui qui correspond à l'énergie potentielle élastique qu'il renferme lorsqu'il a atteint son équilibre de longueur complet; la balance, dans chaque cas, paraît être une production irréversible de chaleur. C'est ce qui explique les effets secondaires. Ces phénomènes sont intéressants aussi bien au point de vue physiologique que physique.

Séance du 24 Juin 1920

1° Sciences mathématiques. — M. **W. F. Sheppard** : *La réduction des erreurs par la combinaison linéaire*. L'auteur étudie le problème général de l'amélioration d'une quantité observée, qui contient une erreur inconnue, par l'addition d'une combinaison linéaire (fonction linéaire) d'autres quantités observées, appelées auxiliaires, les coefficients de la portion ajoutée étant choisis de façon à rendre minimum le carré moyen de l'erreur de l'ensemble. C'est une généralisation du problème spécial consistant à trouver la valeur améliorée quand les auxiliaires sont les différences, d'ordre suffisamment élevé, d'une série de quantités. — M. **R. O. Street** : *Le mouvement des marées dans la mer d'Irlande, ses courants et son énergie*. L'auteur déduit certaines relations générales de la théorie dynamique de Laplace reliant la forme de l'onde de marée à la grandeur du courant à la surface d'une mer d'étendue limitée tournant avec la Terre. En appliquant ces relations aux données enregistrées pour la mer d'Irlande, on trouve un accord très satisfaisant. L'auteur en déduit une seconde approximation pour le problème hydrographique d'un bassin à marées en rotation, et au moyen des nouvelles relations obtenues il calcule, d'après les données hydrographiques connues, les vitesses moyennes de transport de l'eau et de l'énergie à travers certaines sections verticales placées transversalement à la direction du flux dans la mer d'Irlande. Les résultats montrent qu'il existe un flux résiduel d'eau vers le nord de grandeur telle que la mer d'Irlande se viderait à travers le canal du Nord environ 3 fois par an, tandis que le flux d'énergie de marée dû à toutes les causes qui agissent sur cette surface peut être estimé au taux moyen de 6.10^{17} ergs par seconde. Ce résultat s'accorde assez bien avec celui qui a été trouvé récemment par G. I. Taylor d'une façon indépendante. — M. **H. Jeffreys** : *Le frottement dû à la marée dans les mers peu profondes*. Dans un mémoire récent, G. I. Taylor a montré que le frottement des courants de marée sur le fond dans la mer d'Irlande cause une dissipation de l'énergie suffisante pour rendre compte d'environ 1/50e de l'accélération séculaire empirique connue de la Lune. On en déduit que d'autres surfaces peu profondes plus étendues à forts courants de marée doivent contribuer pour une quantité plus importante encore à la dissipation de l'énergie. L'auteur étudie ici séparément le cas des principales mers de faible profondeur du globe. Il trouve que la plus grande dissipation se produit dans la mer de Behring, la mer Jaune et le détroit de Malacca. L'ensemble permet de rendre compte d'environ 80 % de l'accélération séculaire, le reste trouvant probablement son explication dans les courants des fjords et le long des côtes ouvertes. — M. **A. Mallock** : *Influence de la température sur la rigidité des métaux*. La méthode adoptée par l'auteur consiste à déterminer les périodes d'une balance de torsion dont le couple de restitution est fourni par la rigidité d'un échantillon du métal essayé à diverses températures. Les coefficients de variation thermique trouvés pour la rigidité concordent avec ceux du module d'Young en ceci que, dans les deux cas, la variation diminue quand le point de fusion du métal augmente. Toutefois, le résultat principal des expériences de l'auteur est de montrer que la plasticité naturelle ou frottement interne des métaux (qui provoque ce qu'on a quelquefois appelé l'hystérèse) est toujours plus affectée par la température que les coefficients d'élasticité, et que la valeur de la « rigidité » déduite des périodes observées est affectée d'une façon très appréciable par la variation de plasticité. Dans l'emploi des métaux à la construction, on trouvera probablement que la variation de plasticité, c'est-à-dire les limites de rigidité élastique, est plus importante que la variation de rigidité actuelle.

2° Sciences physiques. — M. **C. Chree** : *Valeurs simultanées de la déclinaison magnétique en différentes stations britanniques*. L'auteur compare les variations diurnes correspondantes de la déclinaison magnétique aux Observatoires d'Eskdalemuir et de Kew, ainsi que les valeurs mensuelles, journalières et horaires moyennes de la déclinaison à Eskdalemuir, Stonyhurst, Falmouth et Kew. Il trouve que les différences entre diverses stations augmentent avec l'importance de la perturbation magnétique, et que si l'on désire obtenir des informations exactes sur la déclinaison magnétique en un point quelconque, il ne faut pas faire fond sur les observations prises les jours de perturbations. Il faut donc consulter les mesures des observatoires avant d'accepter les résultats des observations en campagne. (*A suivre*.)

Le Gérant : Gaston Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

31e ANNÉE N° 20 30 OCTOBRE 1920

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences, de l'Académie de Médecine

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Physique

Le rôle de l'intensité et de la phase dans la localisation binaurale des tons purs. — Les deux oreilles d'une personne sont en général à des distances différentes d'une source sonore et reçoivent par conséquent des ondes sonores d'intensités différentes. On considère généralement cette différence d'intensité aux deux oreilles comme un facteur possible de localisation de la source sonore.

Le Professeur G. W. Stewart, de l'Université d'Iowa, qui vient de reprendre expérimentalement l'étude de cette question [1], arrive à la conclusion que l'effet d'intensité est incapable de rendre compte de la faculté de localiser les sons; il ne paraît même pas jouer un rôle important. Par contre, cet auteur trouve que la différence de phase aux deux oreilles est le facteur qui contrôle l'appréciation de la localisation, au moins dans le cas des tons purs, comme ceux d'un diapason. Les oreilles perçoivent une différence entre une ondulation sonore et une autre de même hauteur qui est en avant ou en arrière de la première dans son cycle de propagation. Cette faculté de percevoir des différences de phase cesse quand la fréquence du son atteint 1.200 à 1.500 vibrations doubles par seconde.

Ces résultats, contraires aux vues généralement exprimées dans les traités de psycho-physiologie, mériteraient d'être confirmés par d'autres expérimentateurs.

§ 2. — Chimie physique

L'évaporation spontanée des solutions. — En 1859, Babington publiait les résultats d'une série de recherches sur la vitesse d'évaporation spontanée des solutions salines [2]; parmi ses conclusions, on trouve la suivante : « Il existe un certain nombre de sels qui, dissous dans l'eau, ne retardent pas l'évaporation, et d'autres qui, bien loin de la retarder, l'accélèrent. »

Ce résultat nous paraît aujourd'hui si invraisemblable que deux chimistes américains, MM. H. B. Weiser et E. F. Porter, ont jugé bon de répéter les expériences sur lesquelles il se base [1]. Ils ont apporté le plus grand soin à maintenir des conditions uniformes d'évaporation pour l'eau pure et pour les solutions salines, et à éviter la cristallisation des sels sur les parois des récipients. Ils ont utilisé les mêmes sels que Babington, mais dans aucun cas l'évaporation des solutions n'a été supérieure à celle de l'eau.

Quand on laisse les solutions mouiller les parois des vases et augmenter ainsi la surface soumise à l'évaporation, alors l'eau pure s'évapore moins rapidement que les solutions. Comme Babington employait des solutions saturées, ce dernier effet était sans doute loin d'être négligeable dans ses expériences, et c'est là l'explication des résultats anormaux qu'il a constatés dans quelques cas.

Recherches expérimentales sur la production de l'hélium et du néon dans les tubes à décharge à hydrogène. — En 1912, Sir William Ramsay [2] a fait connaître les résultats d'expériences dans lesquelles il avait réussi à caractériser la présence de l'hélium et du néon dans les tubes à décharge à hydrogène. Ce savant expliquait même cette transformation en admettant que, sous l'influence de la décharge, quatre atomes d'hydrogène se condensent pour former un atome d'hélium, avec perte d'électrons.

L'importance énorme de la question soulevée par les expériences de Ramsay, qui suivaient d'autres expériences de transmutation d'éléments du même auteur, a attiré l'attention d'autres chercheurs. C'est ainsi que MM. Collie, Patterson et Masson [3] ont apporté immédiatement un grand nombre de preuves expérimentales à l'appui de la découverte de Ramsay, tandis que

1. *Proc. Nat. Acad. of Sc. of the U. S. of America*, t. VI, n° 4, p. 166; avril 1920.
2. *Proc. Royal Soc.*, t. X, p. 132; 1859.

1. *Journ. of phys. Chem.*, mai 1920.
2. W. RAMSAY : *Nature*, t. LXXXIX, p. 502.
3. COLLIE, PATTERSON et MASSON : *Proc. Roy. Soc.*, A, t. XCI, p. 300; 1914.

M. Merton[1] et, plus tard, M. Strutt[2] n'ont jamais pu confirmer les résultats de Ramsay.

La question a été reprise récemment par MM. A. Piutti et E. Cardoso[3]. Leurs recherches, poursuivies avec des dispositifs assez sensibles pour caractériser aisément, à l'aide de la raie D_5, le néon contenu dans 1/10 de cm^3 d'air, leur « ont donné la certitude qu'*en opérant dans les conditions où ils se sont placés, la production de l'hélium et du néon dans les tubes à décharge à hydrogène n'a pas lieu* ».

Ces résultats négatifs, de même que ceux de M. Strutt, sont d'interprétation très malaisée, à cause des expériences positives de MM. Collie, Patterson et Masson. Il ne semble pas profitable, pour chercher à expliquer ces graves divergences, de se perdre en des discussions minutieuses sur les détails de construction des différents appareils, car tous ceux qui se sont occupés de la question ont tenté de remédier consciencieusement aux inconvénients que l'on pouvait reprocher aux appareils de Ramsay. Par voie d'élimination, MM. Piutti et Cardoso sont amenés à rechercher la cause des discordances dans l'appareil de transformation électrique employé pour l'obtention de la décharge. Ramsay d'abord, MM. Collie, Patterson et Masson ensuite, ont signalé que la condition *sine qua non* pour la formation de l'hélium et du néon dans leurs expériences était l'emploi, dans leur bobine, d'un interrupteur à marteau, à l'exclusion de tout autre type d'interrupteur.

Cette constatation expérimentale n'est d'ailleurs pas d'interprétation commode. Il y aurait lieu de voir si la variation systématique de la capacité du condensateur de la bobine, ainsi que de la fréquence, du potentiel et de l'intensité de la décharge, peut fournir quelques lumières sur les discordances observées. Il faudrait également étudier l'influence possible des redresseurs de courants. L'état rudimentaire de nos connaissances ne défend pas de croire que, dans les expériences positives connues, les tubes à décharges étaient, par un hasard heureux, parfaitement *accordés* à la décharge employée. Il pourrait n'être pas absurde d'interpréter toutes ces discordances en supposant que la production des gaz nobles dans ces expériences dépend de quelque phénomène de résonance dont la nature est cependant difficile à préciser.

Tout ce que nous venons de dire montre combien le problème est loin d'être résolu et combien nécessaires sont des recherches systématiques. C'est pourquoi il nous a paru utile d'appeler sur lui l'attention de nos lecteurs.

§ 3. — Chimie biologique

Les constituants odorants des pommes. — On ne possède aucune information exacte sur les constituants odorants des pommes. On trouve bien dans le commerce des préparations désignées sous le nom d'*essence de pommes*, mais ce sont des produits artificiels dont plusieurs n'existent pas dans la pomme et d'autres sont même inconnus dans la nature.

MM. F. B. Power et V. K. Chestnut[4] se sont livrés récemment à une étude complète des principes parfumés de la pomme, au Bureau de Chimie du Département de l'Agriculture des Etats-Unis, et ils sont arrivés aux résultats suivants :

1° Les constituants odorants des pommes consistent essentiellement dans les éthers amyliques des acides formique, acétique et caproïque, avec une petite proportion d'éther caprylique et une grande quantité d'acétaldéhyde ;

2° L'acétaldéhyde est un produit de l'activité vitale du fruit et il existe dans l'exhalaison des pommes mûres ;

3° En plus des substances précédentes, le distillat aqueux des épluchures de pommes fraîches contient de très faibles quantités d'alcools méthylique et éthylique et un peu de furfural. Comme ce dernier produit se forme seulement pendant la distillation, ce n'est pas un constituant odorant du fruit ;

4° L'huile essentielle retirée des pommes est à la température ordinaire un liquide jaunâtre, un peu visqueux, qui devient plus foncé en se conservant. Légèrement refroidie, elle se prend en une masse concrète, due à la séparation de petits cristaux aciculaires consistant en un hydrocarbure paraffinique. Elle possède à un haut degré l'odeur agréable caractéristique des pommes fraîches. En plus des éthers mentionnés, elle renferme de petites quantités d'acétaldéhyde et de furfural. Le rendement en essence des épluchures de pommes Ben Davis est de 0,0035 %, et celui des pommes sauvages plus odorantes est de 0,0043 %, soit 0,0013 % du fruit entier ;

5° Quoique dans la littérature chimique le valérate d'amyle soit généralement considéré comme le constituant de l'essence de pommes, il est tout à fait certain que ce composé n'a jamais été observé dans ce fruit ; dans leurs recherches, MM. Power et Chestnut n'en ont trouvé aucune trace.

§ 4. — Botanique

L'influence du froid comme stimulant de la croissance des plantes. — Dans les pays qui ont un hiver froid avec des gelées prolongées ou répétées, les arbres et les arbustes, selon la croyance répandue, s'endorment sous l'influence du froid. Le temps chaud serait une cause suffisante du réveil de la croissance au printemps. D'après une série d'expériences de M. F. V. Coville[1], ces deux idées sont erronées. Il est maintenant prouvé que les arbres et les arbustes s'endorment avant la venue du froid, et que le froid n'est pas nécessaire pour produire une léthargie complète ; ensuite, qu'après qu'un tel sommeil a commencé, il ne suffit pas d'exposer les plantes à une température douce pour qu'elles recommencent à pousser ; enfin, que ces plantes ne reprendront pas une croissance normale à la chaleur du printemps si elles n'ont pas d'abord été soumises au froid.

Les arbres et les arbustes hibernants qui ont été deux ou trois mois au froid, soit au dehors, soit dans une enceinte refroidie artificiellement, reprennent leur croissance normale au printemps, mais s'ils sont maintenus au chaud tout l'hiver, ils continuent à dormir pendant des semaines, des mois, parfois une année, et quand ils recommencent à croître, leur croissance est anormale. L'une de ces plantes à long sommeil peut cependant reprendre rapidement sa croissance normale, même au bout d'un an, si on la soumet à une période de froid. La température la plus favorable pour cette opération est de 0° à 5° C., soit à la lumière, soit dans l'obscurité.

Dans une serre du département de l'Agriculture des Etats-Unis, on a installé des machines frigorifiques qui permettent de soumettre à tout moment une plante normalement éclairée à des températures hivernales, et même plus basses.

Si l'on soumet au refroidissement une des parties d'un arbuste endormi, et que l'on maintienne le reste à la chaleur, la portion refroidie peut reprendre feuilles et fleurs, et les autres parties restent complètement endormies.

Il se produit un changement important dans la plante pendant le refroidissement : l'amidon des cellules se transforme en sucre, et c'est seulement à ce moment que la plante peut utiliser ses réserves et se remettre à croître. De plus, cette transformation de l'amidon en sucre crée une haute pression osmotique.

1. Merton : *Proc. Roy. Soc.*, A, t. XC, p. 549 ; 1914.
2. Strutt : *Proc. Roy. Soc.*, A, t. LXXXIX, p. 499 ; 1914.
3. A. Piutti et E. Cardoso : *J. de Chim. phys.*, t. XVIII, p. 81 ; 31 juillet 1920.
4. *Journ. Americ. Chem. Soc.*, t. XLII, n° 7, p. 1509 ; juillet 1920.

1. *Proc. of the Nat. Acad. of Sc. of the U. S. of America*, t. VI, n° 7, p. 434 ; juillet 1920.

Certaines glandes à exsudats sucrés, appelées nectaires extra-floraux, sont regardées comme des soupapes de sûreté, en cas de pression interne excessive, qui pourrait rompre les cellules.

Cette influence du froid sur la croissance de ces arbres et arbustes du nord est un moyen de protection de la plus haute importance pour ces plantes, car si la chaleur seule provoquait la croissance, elles se remettraient à croître en automne, au moment d'une vague de chaleur succédant aux premiers froids ; les réserves accumulées pendant l'été, et nécessaires pour assurer au printemps suivant une rigoureuse poussée de croissance, seraient alors dépensées prématurément, et la plante risquerait pendant l'hiver de s'étioler et même de mourir.

De nouvelles recherches sur les effets du refroidissement s'imposent à ceux qui se préoccupent de l'amélioration des pratiques de l'agriculture et de l'horticulture. Il est désirable, en particulier, de déterminer les températures optima pour la conservation des diverses sortes de semences, bulbes, boutures et greffes, les températures convenables pour le traitement des plantes que l'on veut forcer pour les amener à se développer hors saison, etc.

§ 5. — Agronomie

Les stations agronomiques coloniales. — La nécessité de produire davantage et avec des frais aussi réduits que possible amène de plus en plus à étudier dans les laboratoires les conditions exactes de la végétation des plantes industrielles.

Il y a longtemps que les stations agronomiques ont été créées, et les immenses services que ces établissements ont rendus ne sont niés par personne. Leur importance n'est cependant pas ce qu'elle devrait être en France, et moins encore aux colonies [1].

Aux Colonies surtout, et cela s'explique. Plus on s'éloigne de la Métropole, plus les stations doivent être richement dotées. Il y a en effet à tenir compte, pour l'établissement d'une station agronomique coloniale, de plusieurs conditions se groupant en définitive sous l'un des deux facteurs suivants, qui influent réciproquement l'un sur l'autre : le facteur humain et le facteur milieu.

La question du personnel technique est fondamentale, puisque, suivant son recrutement, le laboratoire le mieux monté donnera ou non des résultats.

Tout d'abord voyons comment procèdent les Gouvernements voisins. Sans parler du Jardin d'essais de Buitenzorg, le modèle du genre, voyons simplement ce que font nos alliés anglais. Nous prendrons comme exemple une station privée que nous avons visitée récemment, celle de la Pointe-à-Pitre, à la Guadeloupe, et dont le personnel dirigeant est anglais. On sera surpris, peut-être, de voir que le Syndicat des Fabricants de sucre d'une colonie française n'ait pas fait appel à un compatriote. Si la direction de cet établissement n'a pas été confiée à un Français, cela tient à des causes diverses, qui importent peu au point de vue de notre exposé, et que nous n'avons pas à apprécier ici.

A l'époque de la création de cette station, en 1918, l'état-major comprenait, en plus du directeur (entomologiste-pathologiste), un sous-directeur (chimiste), deux employés d'agriculture et un secrétaire, soit cinq personnes; le personnel est d'ailleurs en voie d'accroissement. Il y a en plus, bien entendu, un personnel ouvrier pour la culture des champs d'expériences.

En France et dans nos colonies, la station agronomique comprend généralement un directeur, un préparateur et un garçon de laboratoire plus ou moins assidu; aucun jardin d'essais digne de ce nom ne lui est annexé.

Ainsi, à la base de l'institution, nous voyons chez les Anglais un personnel technique *nombreux* et *spécialisé*.

Nombreux : c'est indispensable aux colonies, où le climat ne permet pas un effort aussi considérable que dans la Métropole; il faut donc augmenter le nombre des personnes adonnées à une même tâche pour obtenir un rendement satisfaisant; les indispositions sont fréquentes et les arrêts de travail également; la chaleur empêche de travailler pendant le milieu du jour, l'effort intellectuel est beaucoup plus pénible et la somme annuelle de travail est, en conséquence, égale au tiers ou tout au plus à la moitié de ce que l'on aurait pu produire sous le climat de l'Europe tempérée.

Ces contingences sont presque totalement ignorées des hommes de science de la métropole, qui, malgré leur désir de favoriser les progrès de l'agriculture coloniale, n'en donnent pas les moyens aux personnes qui pourraient s'y intéresser. Pour apprécier les causes qui influent sur les conditions de travail sous les climats tropicaux, il faut avoir *séjourné* aux colonies et s'y être livré à des études de laboratoire.

Toute organisation qui ne tiendrait pas compte de ces considérations est vouée à une existence précaire et dégénérera en une officine dont l'utilité sera vite mise en discussion.

D'autres raisons motivent la présence d'un personnel technique nombreux dans les laboratoires coloniaux; les voici :

Un établissement de recherches aura nécessairement une bibliothèque aussi bien dotée que possible, par conséquent, on aura à portée de la main les ouvrages les plus récents et les revues scientifiques en grand nombre; on se trouvera sans retard au courant des découvertes et idées nouvelles; il semble que ce soit parfait, or ce n'est pas tout à fait exact. Il ne s'agit pas seulement d'apprendre ce qui se fait, il faut aussi pouvoir discuter de ses propres travaux avec des personnes poursuivant à peu près les mêmes études, avec des professeurs spécialisés dans les différentes branches de la Biologie, de la Chimie, de la Physique, etc., échanger des impressions, demander un conseil, exposer les premiers résultats d'une recherche, etc. Or, cette ambiance scientifique fait totalement défaut aux colonies, et toute personne décidée à « travailler » s'aperçoit au bout d'un an ou deux de séjour dans une région isolée scientifiquement que les expériences entreprises ne donnent pas tout ce qu'elles pourraient donner, faute parfois d'une modification souvent très simple, dont on aurait eu l'idée à la suite d'une conversation avec un collègue.

Nous touchons du doigt ce qu'il y a peut-être d'essentiel dans l'organisation des stations agronomiques coloniales : *l'alternance des séjours dans la métropole et aux Colonies*. Il ne s'agit pas — disons-le de suite — de « congés », mais bien de « stages » dans les laboratoires métropolitains, ou même dans des établissements scientifiques de grandes villes d'Europe ou des Etats-Unis, s'il est nécessaire d'aller apprendre des méthodes spéciales d'études auprès d'un maître d'une université étrangère ou de voir sur place la mise en pratique d'un résultat obtenu au laboratoire.

Passer par exemple 18 mois aux colonies et venir travailler 6 mois en Europe pour mettre au point une recherche permettrait d'effectuer et de mener à bien de nombreux essais qui, sans cela, resteraient à l'état embryonnaire.

Inversement, les savants de la métropole qui voudraient se livrer à des études spéciales sur la biologie des plantes tropicales devraient être assurés de recevoir aux colonies une large hospitalité et de trouver les facilités leur permettant de poursuivre leurs expériences.

On voit de suite que, si une partie, par exemple un quart (même un tiers), de la durée du service des fonctionnaires des stations agronomiques se passe hors de la colonie, on sera amené à augmenter le personnel de

1. Voir *Revue générale des Sciences*, 1917, n° 8, p. 227, (Recherches scientifiques agricoles); — 1919, n° 7, p. 195, (Expériences agric. en Algérie); — 1920, n° 15-16, p. 513, (Relations entre la Science et l'Industrie).

ces stations de façon qu'il n'y ait jamais interruption absolue, mais simples ralentissements périodiques dans les travaux en cours. Les intérêts en présence sont faciles à concilier, nous n'insisterons pas.

Enfin le personnel de ces établissements devrait être à l'abri de l'ingérence trop fréquente de la politique dans son domaine, qui est d'ordre purement scientifique, et il pourrait, par exemple, relever *directement* d'un Service administratif Central siégeant au Ministère des Colonies.

On peut, logiquement, ne pas soumettre les techniciens aux mêmes exigences administratives que les fonctionnaires, administrateurs ou rédacteurs, puisque la nature même des travaux qu'ils effectuent est totalelement différente.

Le reproche que l'on peut faire aux laboratoires déjà existants, c'est de manquer de largeur dans leurs vues.

C'est généralement la Chimie qui domine tous leurs travaux. On y néglige trop la Botanique, la Pathologie et la Physiologie végétales, l'Entomologie agricole. La sélection des meilleures espèces, qui est une œuvre de première importance, n'est pas possible sans jardin d'essais pourvu de crédits assez importants pour multiplier les expériences culturales.

Les résultats obtenus jusqu'à ce jour font honneur à leurs auteurs, mais sont hors de proportion avec la peine qu'ils ont prise et le temps qu'ils ont passé pour les obtenir, faute d'être mieux secondés à tous points de vue.

Ainsi comprises, en petit nombre, mais avec un personnel nombreux, spécialisé, ayant la faculté de rentrer en France faire des stages dans des laboratoires d'Ecoles ou d'Universités, avec les moyens voulus en définitive pour aboutir à des résultats dont les conséquences pratiques sont immenses parfois, les stations agronomiques coloniales seraient un des facteurs importants de la prospérité de nos colonies.

Nous ne parlerons pas de l'agencement matériel de ces établissements ; ce sont des cas d'espèce très faciles à résoudre. Le point important est d'éviter la multiplication des stations; trois ou quatre stations bien montées paraissent largement suffisantes pour l'instant.

Nous prévoyons depuis longtemps l'objection à cette conception des stations agronomiques coloniales : Où trouver l'argent pour les créer?

A cela, que l'on nous permette de répondre d'une manière simpliste : « *Qui veut la fin veut les moyens.* »

Nous possédons un empire colonial immense, nous devons en tirer profit. Nous manquons de coton, de matières grasses, de matières hydrocarbonées, de matières azotées, de matières premières de toutes sortes: par quel moyen en intensifier la production, si ce n'est par l'étude attentive des conditions dans lesquelles les plantes industrielles tropicales élaborent le maximum de substance utile?

Avoir des Colonies, c'est bien; en tirer parti, c'est beaucoup mieux.

Nous ne pouvons pas supposer qu'après avoir compris tout ce que nous aurions pu tirer de nos colonies pendant la guerre, les Pouvoirs publics hésitent à consacrer quelques centaines de mille francs à une œuvre d'incontestable utilité.

M. Rigotard,
Ingénieur Agronome, Licencié ès sciences.

§ 6. — Zoologie

Méthode pour l'étude des problèmes de relation et de distribution géographique. — Au cours de l'étude de 134 espèces et 20 sous-espèces d'*Opalinidæ*, M. M. Metcalf[1] vient de découvrir des faits très significatifs concernant la distribution géographique et les migrations primitives des Anoures; il attire l'attention sur l'importance de la méthode d'étude de tels problèmes, pour chaque groupe d'animaux et de plantes, du double point de vue de ce groupe et de ses parasites. Deux exemples suffiront à montrer comment une telle étude d'une double série de données peut amener à une interprétation rigoureuse de la distribution actuelle d'une famille.

Les *Leptodactylidæ* sont les « grenouilles » caractéristiques de l'Amérique tropicale et sud-tempérée. On les trouve aussi en abondance en Australie et en Tasmanie, et nulle part ailleurs. On en a conclu qu'il existait autrefois une connexion entre la Patagonie et l'Australie par l'Antarctique. Certains, pourtant, ont mis en doute cette conclusion, croyant à une évolution convergente ou parallèle chez les Grenouilles d'Amérique et d'Australie. Mais cette dernière hypothèse est définitivement éliminée par l'étude de l'Opalinide parasite caractéristique des *Leptodactylidæ* nommé par l'auteur *Zelleriella*.

Ce genre d'*Opalinidæ* plat, binucléé est abondant dans l'Amérique centrale et méridionale, et s'étend dans les Antilles et un peu dans le sud de l'Amérique du Nord. Le point intéressant est que les Leptodactyles américains et australiens ont tous deux pour parasites des *Zelleriella*, et si proches parents qu'il est difficile de les distinguer spécifiquement. On peut concevoir que les ressemblances entre les Leptodactyles américains et australiens soient dues à une évolution parallèle ou convergente, mais il n'est pas vraisemblable qu'à la fois les Leptodactyles et leurs Opalinides parasites aient subi cette évolution parallèle sur les deux continents.

L'étude des Opalinides parasites de nombreuses familles et sous-familles d'Anoures a révélé des choses intéressantes. Elle montre par exemple qu'au moment où la Patagonie était reliée à l'Antarctique, il y avait un obstacle à la libre émigration entre le nord de l'Amérique du Sud et la Patagonie, probablement constitué par une mer profonde, s'étendant vers le milieu de l'Amérique du Sud, d'océan à océan. Les Crapauds du genre *Bufo* abondent dans l'Amérique tropicale et tempérée, comme dans l'Asie tropicale et tempérée et l'Inde orientale, mais ils n'ont pas atteint l'Australie, soit par l'Antarctique, soit par la Nouvelle-Guinée. Les *Bufo* de l'Amérique du Sud portent des *Zelleriella* parasites. Pourquoi n'ont-ils pas émigré en Australie par l'Antarctique, portant leurs *Zelleriella* avec eux? Les *Leptodactylidæ* sont une famille australe, née probablement en Patagonie. Les Crapauds sont une famille septentrionale. Il semble évident que les Crapauds n'étaient pas présents en Patagonie à l'époque où cette région était reliée à l'Australie par l'Antarctique. Apparemment, la mer profonde qui recouvrait le milieu de l'Amérique du Sud séparait les Crapauds du Nord des Leptodactyles du Sud. Quand la Patagonie fut séparée de l'Antarctique, il y eut probablement en même temps un soulèvement du sol qui forma l'Amérique du Sud moyenne et relia le nord et le sud de ce continent. Ceci permit aux Crapauds et aux *Leptodactylidæ* de se rencontrer, et les Crapauds qui sont hospitaliers à tous les genres d'*Opalinidæ* acceptèrent les *Zelleriella* parasites des Leptodactyles. Mais il était maintenant trop tard pour que les Crapauds puissent émigrer en Australie, la route antarctique ayant été fermée par un large bras du nouvel océan.

De nombreux autres problèmes de distribution sont ainsi éclairés par l'étude des Anoures et de leurs parasites Opalinides. On pourrait étudier dans le même but d'autres groupes de parasites d'Anoures, et même chaque groupe d'animaux et de plantes en liaison avec leurs parasites. Cette méthode se recommande par la précision des conclusions auxquelles elle conduit. Elle permettra sans doute de résoudre la question d'un continent reliant autrefois l'Afrique et l'Amérique du Sud; mais l'auteur n'a pas encore mis au point l'étude de ses matériaux en Opalinides africains et sud-américains.

1. *Proc. of the Nat. Acad. of Sc. of the U. S. of America*, t. VI, n° 7, p. 432 ; juillet 1920.

INHIBITION ET VOLONTÉ[1]

Mesdames, Messieurs
et très honorés Collègues,

La tâche très honorable qui m'a été confiée est pourtant pour moi particulièrement troublante, car je me suis proposé de m'exprimer en français, de me servir de cet outil verbal si fin et si puissant tout à la fois, qui est l'exact symbole de l'âme collective qui l'a forgé pendant des siècles d'une histoire glorieuse. Je sais pourtant que je puis compter sur l'indulgence de mes amis de langue française, qui voudront bien pardonner à mon insuffisance en vue de mes bonnes intentions.

Et avant tout je me fais l'interprète du sentiment général en m'inclinant plein de respect et d'émotion devant la mémoire des Collègues que nous avons perdus, après notre dernier Congrès à Groningue. Quelques-uns d'entre eux étaient avec nous dans cette ville hollandaise si intéressante en elle-même et pour les admirables Instituts scientifiques de son Université. Dans cette assemblée de savants venus de tous les coins de la Terre, attirés et réunis par un même empressement pour le progrès scientifique, seul un observateur très pénétrant aurait pu noter entre certains groupes quelques symptômes d'antagonismes superficiels. Un an plus tard, quelques dominateurs à l'âme féodale déchaînèrent sur l'Europe le plus grand conflit dont l'histoire de l'Humanité ait gardé le souvenir. Pour beaucoup il était inattendu, et il en fut d'autant plus douloureux. Il semblait, en effet, que dans les dernières années l'humanité avait inauguré une ère nouvelle de fraternité et de paix après tant de siècles de luttes sanglantes. Par un travail de collaboration efficace, elle tendait constamment à multiplier les sources du plaisir, à diminuer ou à éliminer celles de la douleur, à augmenter la richesse idéale et énergétique des hommes, et par conséquent les avantages individuels et collectifs qu'ils pouvait tirer du domaine des forces naturelles. Au milieu de cette activité fervente des œuvres de paix, résonna lugubrement le cri guttural de guerre du César teuton. Immédiatement le travail commun pour l'exaltation de la puissance humaine cessa, et on assista à une rage de destruction qui n'a point de précédents, même dans les lointaines invasions des Barbares et des Mongols. Nous sommes sortis victorieux de cette lutte gigantesque, mais même la victoire, toute glorieuse qu'elle ait été, ne peut nous faire oublier ces horreurs. Et même si nous voulions les effacer de notre mémoire, nous ne le pourrions pas, parce que plus que les tombeaux qui couvrent les dépouilles mortelles de tant de vies prématurément brisées, plus que les ruines qui élèvent leurs profils de squelettes noirâtres dans les régions dévastées, c'est notre âme qui ressent encore un bouleversement profond. Il est le résultat de cinq années de guerre qui équivalent à toute une vie agitée de douleurs, d'enthousiasmes, de haines et d'amours profonds.

La guerre finie, l'humanité, sortie de cette épuisante convulsion passionnelle, se détourne du passé frissonnant d'horreur et elle se précipite vers son avenir en redoublant de vitesse, comme si elle voulait s'éloigner rapidement de cette époque angoissante. Où va-t-elle ? Se prépare-t-elle à de nouvelles constructions bienfaisantes ou n'est-elle pas plutôt possédée par une fureur de destruction contre un passé qui a rendu possible ce conflit et ces misères ? Ou veut-elle simplement se griser un temps et tâcher ainsi d'effacer les images obsédantes de la guerre ? Ce qui est probable, c'est que le temps que nous avons vécu, avec ses grandeurs et ses misères, et qui, parmi d'indéniables injustices, sut soulager tant de souffrances et donner tant de bien-être, nous ne le reverrons jamais plus. Nous tous espérons que ce changement sera à l'avantage de l'humanité, mais je dois pourtant avouer que plusieurs parmi ceux d'entre nous qui appartiennent, comme moi, à la vieille garde, et qui ont fixé définitivement leur existence avec des habitudes particulières dans un milieu accoutumé, se trouvent désormais presque comme des étrangers dans ce monde nouveau qui bouleverse tumultueusement les hiérarchies et l'évaluation des différents fonctions sociales, dans ce monde nouveau secoué par un accès de fièvre qui hâte la consommation des réserves et ralentit le travail productif. C'est pourquoi il m'est infiniment doux de me retrouver avec vous, de revoir de chers amis, dont j'ai été séparé, de plusieurs au moins, pendant toutes ces années si pleines d'événements, de voir que les émotions passées n'ont pas laissé de traces trop profondes sur les visages des personnes aimées. Et je suis aussi irrésistiblement poussé à rappeler ces conditions d'adorable sérénité qui donnaient à nos attitudes d'hommes d'étude un caractère de placidité presque hiératique. Permettez-moi donc de rappeler quelques épisodes personnels de ce temps heureux, et de vous

1. Discours d'ouverture du Congrès international de Physiologie, à Paris, le 16 juillet 1920.

parler de choses que probablement vous connaissez depuis longtemps.

***

Ces temps heureux, je les ai vécus en partie dans la compagnie patiente et résignée d'un être qui n'est pas assurément remarquable par l'élégance des formes et par l'agilité des mouvements, mais qui renferme sous son apparence rude et circonspecte des trésors de résistance qui donnent au physiologiste la possibilité de faire des observations intéressantes. Je veux vous parler de la tortue bourbeuse, l'*Emys europæa*, un animal à certains égards presque schématique puisqu'on peut en démonter facilement les différents organes et les conserver survivants pour bien longtemps sans être obligé d'employer des artifices particuliers. Il se prête aussi admirablement aux expériences sur les centres nerveux. Je ne comprends pas comment ce Chélonien n'a pas été utilisé plus fréquemment par les physiologistes, vu qu'il est assez commun et qu'il présente peut-être la plus grande résistance pour un Vertébré.

Mais dans plusieurs cas on est misonéiste, et c'est pourquoi l'expérimentateur impose presque toujours à la grenouille, parmi les Vertébrés inférieurs, la tâche ingrate de se sacrifier à ses recherches. « Elle est l'animal qui, sans contredit, s'est associé le plus directement à ses travaux et à sa gloire scientifiques. » Ces paroles de Claude Bernard évoquent d'une façon particulière l'image de Galvani, quand, un soir de septembre 1786, il observait les pattes postérieures d'une grenouille suspendue par un crochet en cuivre à la rampe de la terrasse de sa maison de Bologne. Et nous pourrions nous demander avec Gherardi, l'illustrateur des œuvres du grand Bolonais, quelle autre route aurait parcouru le progrès humain si les barres de cette balustrade avaient été en bois ou en pierre et non en fer. Il est permis de douter que notre Chélonien puisse jamais se prévaloir des titres de noblesse du Batracien rival. Il jouit pourtant d'une réputation ancienne parmi les biologistes italiens.

Sans vous rappeler les investigations de Fontana et de Rolando, je me plais à attirer votre attention sur la figure de François Redi, gentilhomme toscan qui vécut et travailla dans la seconde moitié du XVIIe siècle. Médecin du Grand Duc de Toscane, courtisan et esprit indépendant à la fois, poète et homme de science d'un dilettantisme audacieux et parfois profond, il fut une des personnalités le plus représentatives des tristes temps de la décadente domination des Médicis, qui oscillait entre le libéralisme inné du peuple toscan et la condescendance servile aux impositions du Saint-Office. Dans ce milieu historique persistait encore, quoique bien affaiblie, l'influence de ces colosses de la Renaissance qui répandirent sur le monde civilisé une si puissante lumière de vérité et de beauté. Mais les contemporains de Ferdinand II et de Cosme III n'avaient plus l'âme titanique qui s'éleva sublime en Dante, en Léonard et en Michel-Ange, et le martyre de Galilée scellait tristement cette époque héroïque. Ce dernier était mort depuis peu de temps, après neuf années de séquestration presque toutes passées dans sa villa d'Arcetri, le Gioiello, le Bijou, où sa cécité lui ôtait la seule joie que l'Inquisition lui aurait accordée, celle d'admirer le doux rythme des côteaux florentins se déployant avec une pénétrante harmonie de couleurs et de lignes devant les fenêtres de sa demeure. Atteint par l'accusation d'hérésie, menacé d'excommunication, torturé non pas dans le corps, déjà démoli par la vieillesse, par la maladie, par le voyage forcé à Rome, mais bien plus dans l'âme à cause de l'abjuration qu'il avait dû signer d'une main tremblante, il représente certainement un des plus grands martyres que la violence de la tradition ait jamais infligés aux droits imprescriptibles de la pensée.

Et peut-être le remords de cette fin tragique amena un frère du Grand Duc, Léopold de Médicis, à suivre les conseils de quelques disciples de Galilée, en fondant à Florence l'Académie du Cimento, qui portait la célèbre devise *Provando e riprovando* et pour emblème trois creusets sur un fourneau de terre réfractaire entouré de flammes. Et on l'appela l'Académie du Cimento parce que, comme nous le dit un contemporain, « ces académiciens, ayant débarrassé leur esprit de toute idée préconçue, non seulement ne devaient retenir et admettre les opinions d'autrui, mais pas même leurs propres idées si elles n'avaient été confirmées par l'épreuve de l'expérience ». Pour comprendre les académiciens du Cimento, il faut se rappeler qu'ils sont toscans ou sous l'influence de la pensée toscane, qui est toute pénétrée de clarté, de précision, d'une imperturbable vision de la vérité, d'une instinctive répulsion pour les généralisations. Guichardin et Machiavel, les historiens florentins, furent bien calomniés, le second d'une façon toute particulière, parce qu'ils osèrent décrire les hommes tels qu'ils sont et non tels qu'on voudrait qu'ils fussent. C'est le même rôle que jouèrent les Toscans dans l'art, car ils sentirent le vrai avec un choix admirable; et dans le fait leurs madones sont des femmes siennoises et florentines, et le paysage qui les environne est la reproduction exacte de la nature toscane.

Et il en fut de même en littérature. Dante aussi, tout imbu de théologie médiévale, subordonne aux exigences des vérités naturelles sa divine poésie, et pénètre implacablement dans les recoins les plus intimes de l'âme humaine. De même dans la science, ils furent des réalistes qui examinaient les faits naturels d'un regard froid et sans préjugés. « O que nous en savons peu ! O qu'il est facile de se tromper quand dans les choses de la nature nous voulons voir et établir des règles générales et par trop générales! » s'écriait François Redi, le représentant, avec Alphonse Borelli, de la Biologie dans l'Académie du Cimento. Ils étaient aussi des artisans très habiles, qui savaient travailler de leurs propres mains les métaux et le verre ou diriger le travail des ouvriers dont ils pouvaient se servir. Visitez à Florence le Musée où l'on a rassemblé les appareils employés par Galilée, Torricelli et tant d'autres et vous verrez avec quelle habileté, vu les moyens primitifs d'alors, on a construit les thermomètres, les baromètres, les télescopes, les aréomètres, les hygromètres, les instruments géodésiques et tant d'autres! Ces appareils ont une beauté particulière parce que les années ont étendu sur eux la patine qui recouvre les choses du passé, qui donne les reflets du bronze aux terres cuites, l'irisation des paradisées aux verres les plus communs, qui ennoblit les formes, qui estompe les couleurs, qui adoucit les contours; vernis admirable qui s'élabore spontanément dans le cours du temps et qui donne aux choses comme aux mémoires un prestige vénérable.

Je vous prie de me pardonner ma trop longue digression, mais je n'ai pu résister au désir de vous rappeler l'Ecole florentine du XVIIe siècle, qui fut l'héritière de l'expérimentalisme de Galilée et qui nous légua les résultats de remarquables observations et recherches biologiques, auxquelles nous devons certaines de nos façons de penser et d'agir beaucoup plus que nous ne le supposons ordinairement.

C'est François Redi, académicien du Cimento, qui le premier, ainsi que je l'ai déjà rappelé, expérimenta sur l'encéphale des tortues, et je voudrais bien vous traduire ses paroles qui décrivent avec une exquise clarté ses expériences, mais j'ai le devoir surtout d'être bref. Il observa que les lésions du cerveau de ces animaux déterminaient ou une déambulation continuelle ou une complète immobilité, mais il ne poussa pas sa curiosité jusqu'à essayer d'établir le déterminisme de ses résultats en apparence si contradictoires. Plus de deux siècles après, dans la même école florentine, j'ai repris les expériences de Redi; il s'agit des recherches que j'ai faites il y a 35 ans et qui restèrent presque totalement ignorées. Permettez-moi donc de les résumer brièvement devant vous.

***

Comme vous le savez tous, l'encéphale de ces animaux peut se diviser longitudinalement en quatre segments indiqués par son développement embryonnaire et par son aspect morphologique définif, c'est-à-dire en cerveau postérieur, moyen, intermédiaire et antérieur. Le cerveau postérieur est représenté par le myélencéphale ou moelle allongée, ou bulbe, et ses annexes et par le métencéphale ou cervelet ; le cerveau moyen ou mésencéphale, ou lobes optiques, est constitué par la voûte ou toit, *tectum mesencephali*, très important pour ses connexions sensorielles et motrices, et par la partie basilaire, *tractus peduncularis*, qui contient surtout des voies de conduction et en particulier le *tractus tectobulbaris* et *spinalis* qui établit des rapports directs ou indirects avec les centres moteurs de la moelle allongée et de la moelle épinière. Le diencéphale, ou cerveau intermédiaire, ou couches optiques, qui vient après, bien qu'il soit le plus petit des segments cérébraux, a une remarquable complexité structurale, qui varie dans les différentes classes des Vertébrés. On a enfin le cerveau antérieur, ou télencéphale, ou hémisphères cérébraux, en comprenant dans ces derniers les corps striés et les lobes olfactifs ; et j'aime à ce propos de rappeler qu'il y a un remarquable faisceau de connexion entre le toit des lobes optiques et le cerveau antérieur. On ne peut pas même méconnaître au cerveau des tortues un néopallium primordial, ce dernier résultat de l'évolution nerveuse qui, avec son rapide développement dans les Mammifères, a déterminé la puissance dominatrice de cette classe de Vertébrés.

D'après mes recherches, on peut diviser, au point de vue fonctionnel, l'encéphale des tortues dans les mêmes segments indiqués par son aspect morphologique.

Et, en effet, quand on extirpe tout l'encéphale d'une tortue, à l'exception de la moelle allongée, l'animal, peu après l'opération, commence à marcher continuellement ou par périodes. On dirait qu'il est poussé à se mouvoir par des impulsions irrésistibles, parce que les obstacles mêmes ne l'arrêtent guère, et il peut continuer à heurter de sa tête contre une muraille pendant des heures jusqu'à ce qu'un mouvement accidentel le fasse dévier et ouvre une voie libre à sa marche. Il est facile de démontrer que l'excitant qui

provoque ces mouvements provient de la moelle allongée et qu'il est de nature automatique, c'est-à-dire qu'il ne correspond ni à des excitations déterminées par l'action traumatique, ni à l'irradiation des centres contigus, ni à des conditions particulières de la crase sanguine, et encore moins à des stimulations provenant de l'extérieur. Comme dans une réaction chimique de caractère cyclique on peut théoriquement admettre la formation périodique d'une substance particulière, de même la déambulation de la tortue bulbo-spinale nous conduit à supposer que les excitants aux mouvements décrits tout à l'heure proviennent du cycle nutritif des centres qu'on peut localiser dans la moelle allongée.

Bien différente est la conduite des tortues auxquelles on a extirpé seulement le cerveau antérieur et l'intermédiaire. Dans ces conditions, l'animal ne fait plus aucun mouvement, s'il n'est pas excité artificiellement, et on peut disposer l'expérience de façon à pouvoir découvrir tout mouvement éventuel et s'assurer ainsi de son immobilité absolue, même pendant des semaines entières.

L'agitation continuelle de la tortue bulbo-spinale et l'immobilité permanente de celle qui possède aussi les lobes optiques nous font supposer une action inhibitoire tonique exercée par le cerveau moyen sur les centres automatiques du bulbe.

Cette action inhibitoire du mésencéphale, que d'autres nombreuses recherches sur ce sujet confirment, se manifeste aussi quand on extirpe seulement le toit des lobes optiques, le *tectum mesencephali*, en laissant intact tout le reste de l'encéphale. Par cette opération, on détruit la partie du cerveau moyen la plus riche en éléments cellulaires, sans interrompre la continuité fonctionnelle entre les différents segments du cerveau, en conservant le *tractus peduncularis*. Le symptôme le plus évident chez les animaux ainsi opérés consiste en une grande inquiétude, en une vivacité inusitée. J'ai mis dans une corbeille quelques tortues normales et d'autres opérées comme je l'ai dit ci-dessus. Tandis que les tortues normales restent presque toujours blotties et retirées dans leurs carapaces, celles qui ont été opérées sont souvent en mouvement, tournent avec vivacité dans la corbeille ou grimpent sur le treillis des bords en cherchant à s'évader. Si nous frappons sur le dos une tortue normale, elle rentre brusquement la tête et les pattes, et elle reste ainsi tapie en défense passive pour longtemps. Les tortues opérées, au contraire, précipitent encore plus leur course d'une manière si vive qu'elles démentent leur lenteur proverbiale. Elles ne retirent pas même la tête, et pendant qu'elles marchent ni les bruits ni aucune autre action qui effrayerait une tortue normale ne les arrêtent. Quand on les empoigne brusquement, elles ne se retirent pas entre la carapace et le plastron, mais s'agitent continuellement avec une grande vivacité. Evidemment, au contraire de ce qui arrive chez l'animal normal, les impressions qui frappent les tortues privées de la voûte des lobes optiques ne réveillent plus les états émotifs, révélés par les fonctions d'arrêt que nous observons dans les animaux normaux.

Il s'agit probablement d'une faiblesse du pouvoir d'inhibition qui provoque les manquements que nous avons remarqués dans les capacités de domination mentale. Et, en effet, il y a dans les animaux opérés une diminution du temps de réaction des réflexes, et si, après avoir mis à découvert les lobes optiques, on en irrite la voûte avec un cristal de chlorure de sodium, on observe que l'animal devient beaucoup plus tranquille et que son temps de réaction s'est allongé.

L'extirpation des hémisphères cérébraux, en respectant le cerveau intermédiaire, n'enlève complètement à l'animal, du moins apparemment, aucune des capacités que nous attribuons aux parties les plus élevées de l'encéphale. Il se meut avec une apparence de volonté, il réagit d'une façon normale aux excitants extérieurs, en un mot il se conduit comme une tortue normale, mais d'une manière plus engourdie, plus incertaine; s'il était permis de graduer l'intelligence bien élémentaire de ces animaux, on dirait qu'ils sont plus stupides que les normaux.

Par d'autres recherches, nous pouvons éclairer d'un bien faible jour la part qui revient respectivement aux hémisphères et aux couches optiques dans la détermination des mouvements volontaires. Si nous excitons pendant 30 secondes environ les hémisphères cérébraux avec un courant d'induction, après une période latente qui peut durer jusqu'à une minute, l'animal exécute des mouvements de déambulation que rien ne peut arrêter. Même quand il est saisi, il continue à s'agiter, puis il se calme et revient à son immobilité habituelle. Le même excitant, porté sur les couches optiques d'une tortue opérée des hémisphères, ne donne pas toujours des résultats positifs, et seulement après un temps latent plus long et avec des mouvements plus faibles et moins durables que ceux observés consécutivement à l'excitation des hémisphères cérébraux. Si à l'extirpation de ces derniers on ajoute celle du toit du mésencéphale, il est facile de noter que l'animal réagit avec des mouvements déambulatoires qui durent plus longtemps et qui sont plus énergiques.

Je pourrais ajouter d'autres faits assez significatifs et surtout les résultats qui démontrent comment l'encéphale exerce une action plus évidente sur les centres spinaux du membre scapulaire que sur ceux du membre lombaire.

Il me semble qu'on peut mettre ces derniers résultats en relation avec ce que l'on observe chez le chien, qui présente un temps de réaction du train de devant plus long que celui du train postérieur. Quand on extirpe les lobes préfrontaux, cette différence diminue notablement par une accélération du temps de réaction des pattes antérieures. L'extirpation des lobes occipitaux détermine le même effet, mais à un degré moindre; celle de la zone motrice se trouve être négative sous ce rapport.

A l'étude des effets provoqués par la suppression de différentes parties de l'écorce cérébrale, on peut ajouter les effets qui dérivent de sa stimulation, en déterminant du même coup la durée du temps de réaction et en enregistrant graphiquement l'amplitude de la réponse motrice dans un réflexe provoqué d'une manière expérimentale. Quand on excite un lobe préfontal par des stimulations faradiques (un peu plus fortes que celles employées pour obtenir les effets ordinaires de la zone motrice), on remarque souvent une diminution de la hauteur dans la courbe myographique, accompagnée d'une prolongation parfois très remarquable du temps de réaction. Ces faits sont bien évidents dans le train antérieur et à peine visibles dans le postérieur; ils ont une intensité plus grande dans le membre croisé que dans l'homolatéral et durent plusieurs minutes après que la stimulation a cessé. L'excitation du lobe occipital a donné des résultats très variables, qui mériteraient un examen attentif; quelquefois, cependant, l'effet inhibitoire était évident, quoique moins intense que celui qui provenait de la stimulation des lobes préfrontaux.

De ces recherches l'on peut déduire que certaines régions de l'écorce cérébrale et particulièrement la frontale exercent une action inhibitoire sur les centres de la moelle épinière en retardant et en atténuant les réactions motrices. Cette influence va en faiblissant d'avant en arrière, de sorte que ce sont les centres les plus voisins de l'encéphale qui en subissent le plus vivement l'action. Cela ce relie au fait rappelé ci-dessus que la période latente du train antérieur est supérieure à celle du postérieur, en nous laissant comprendre de quelles conditions inhibitoires dépendent ces différences. D'après ces résultats ne pourrions-nous pas déduire du rapport entre les temps de réaction des deux trains un quotient qui dépendrait très indirectement, j'en conviens, du pouvoir d'arrêt de l'écorce cérébrale et peut-être aussi de la valeur d'autres fonctions plus élevées? Et, bien qu'on ne puisse admettre une localisation corticale des capacités mentales, n'est-il pas assez suggestif que les pouvoirs d'arrêt, si influents dans le déterminisme des faits psychiques, si importants dans la constitution du caractère moral et intellectuel, si plastiques sous la pression de l'habitude et de l'éducation, soient surtout évidents dans les lobes frontaux?

Vous savez comment la guerre nous a donné, bien fréquemment, hélas, la regrettable occasion d'étudier chez l'homme les conséquences des lésions cérébrales. Les résultats de ces observations, pour ce qui regarde les lobes frontaux, ont été très contradictoires. D'après celles d'éminents cliniciens, on a déclaré la déchéance des lobes frontaux comme siège d'actions psychiques et même de tout le cortex cérébral comme organe indispensable de la pensée. Selon une autre observation, au contraire, les lobes frontaux de l'homme seraient capables de remarquables actions d'arrêt. Je connais un cas très intéressant, étudié et publié par un médecin italien doublé d'un psychologue, sur un soldat auquel un éclat d'obus avait enlevé une grande partie des deux lobes frontaux. Il est parfaitement guéri de sa blessure, mais tandis qu'avant son malheur il était assez intelligent, depuis il agit comme un petit enfant. Dans ses conclusions, le médecin qui a décrit ce cas si intéressant note une absence complète des symptômes anormaux dans les sphères sensorielles et motrices, mais dans le même temps un manque d'attention et de volonté qui, selon lui, sont les caractéristiques du syndrome psychique préfrontal. Evidemment il s'agit de résultats qui proviennent, chez l'homme surtout, d'un déterminisme très complexe et très variable.

***

Et maintenant revenons aux recherches sur le cerveau de la tortue pour en résumer les résultats les plus significatifs.

D'après ces expériences, on voit que, tandis qu'avec l'encéphale intact l'animal se meut, comme on dit, quand il veut, sans hémisphères et sans couches optiques, au contraire, il reste constamment immobile, et sans lobes il se meut toujours ou à périodes de fréquence différente, mais indépendantes des conditions du milieu intérieur et externe.

Si enfin nous cherchons à attribuer une signification à ces résultats, nous sommes amenés à supposer que la déambulation continuelle ou périodique de l'animal bulbo-spinal est déterminée

par des impulsions automatiques émanant du bulbe et transmises aux mécanismes moteurs de la moelle. Pour ce qui regarde le cerveau moyen, nous avons établi qu'il exerce une action inhibitoire sur les impulsions automatiques d'origine bulbaire, qui peut arriver jusqu'à la complète neutralisation, comme il advient chez les tortues lobo-bulbo-spinales. Il me semble qu'il est permis d'interpréter ces résultats en admettant que le cerveau antérieur et le cerveau intermédiaire de la tortue peuvent déterminer un acte volontaire en ôtant ou en atténuant, selon la nature des mouvements voulus, certains des freins inhibitoires localisés dans le cerveau moyen, en permettant ainsi à l'automatisme bulbaire de provoquer l'activité particulière de certains centres spinaux. L'acte volontaire serait dans ce cas le résultat de l'inhibition exercée par les hémisphères cérébraux et les couches optiques sur celle que les lobes optiques à leur tour font subir à la moelle allongée, de façon à délivrer certaines impulsions bulbaires selon le mouvement que l'on veut exécuter et à les acheminer le long des voies spinales, ouvertes par l'hérédité ou acquises par l'usage, qui conduisent aux centres terminaux du mouvement voulu. Il me semble que la signification de ce jeu bien compliqué de faits inhibitoires apparaît assez évidente si on considère les manifestations des tortues opérées de la voûte des lobes optiques. Elles réagissent aux conditions du milieu avec des mouvements rapides et excessifs qui ne laissent point supposer un état émotif et qui ne possèdent pas les caractères de défense que l'on observe dans des conditions identiques chez un animal normal. Leur conduite dans ce cas particulier et celle qu'elles manifestent à la suite de la stimulation du cerveau moyen nous permettent de supposer que l'action inhibitoire de cette partie de l'encéphale contribue considérablement à déterminer les conditions qui constituent les facteurs physiologiques des faits psychiques.

C'est peut-être en ralentissant dans le milieu cérébral la marche des messages qui proviennent des récepteurs, que l'inhibition lobaire établit une des conditions nécessaires pour la détermination des faits qui constituent la base physiologique de la perception et de la mémoire. Et c'est peut-être grâce aux mêmes conditions fonctionnelles que l'acte volontaire, dans sa phase centrifuge aussi, est la résultante d'une série de faits inhibitoires qui s'associent à ceux de la période centripète pour faire précéder le mouvement final par des états de conscience qui donnent l'illusion d'un choix motivé et qui attribuent à la réponse motrice son caractère d'adaptation.

C'est dans les formes primordiales d'une fonction déterminée qu'il nous est permis quelquefois de reconnaître ses fondements essentiels. A ce propos, j'ai tâché de démontrer ailleurs que l'étude des corrélations humorales peut nous éclairer sur le mécanisme de transmission des actions nerveuses, au moins dans leur phase terminale. Pour ce qui regarde les causes des mouvements, ce sont évidemment les plantes qui les manifestent d'une manière plus élémentaire. Chez elles, et plus particulièrement pour les circumnutations si bien étudiées par Darwin, les mouvements sont la manifestation mécanique directe du cycle nutritif de quelques groupes cellulaires ; elles donnent ainsi un exemple classique très simplifié d'actes automatiques qui présentent une lointaine analogie avec ce que nous croyons pouvoir supposer dans les centres bulbaires de la tortue. Mais Darwin démontre aussi que les excitants extérieurs peuvent modifier ces mouvements de circumnutation en les adaptant aux conditions du milieu. D'une façon analogue, il paraît que chez la tortue les capacités automatiques de la moelle allongée peuvent être diversement utilisées selon les conditions d'excitation provoquées par les déterminants des mouvements volontaires. C'est évidemment un simple rapprochement, mais qui mérite à mon avis une certaine considération.

Mesdames, Messieurs
et très honorés Collègues !

Malgré les nombreuses digressions par lesquelles j'ai abusé de votre indulgence, je ne doute pas pourtant que vous me permettrez d'affirmer que les déterminants de l'acte volontaire ont été le sujet principal de ma conférence. Je vous ai parlé surtout de quelques-unes de mes modestes recherches, il est vrai, tandis que d'autres investigateurs ont laissé des traces incomparablement plus profondes sur ce sujet si intéressant. Mais ma conférence ne devait pas être un rapport, mais une simple introduction à nos travaux. Voilà pourquoi je me suis permis d'être si exclusivement personnel. Et je vous ai parlé de la volonté parce que, tout en l'ayant considérée dans des manifestations très élémentaires, il me semble qu'elle est un des sujets qui méritent le mieux notre attention, non seulement pour sa valeur permanente, mais aussi pour les contingences du moment actuel.

La volonté, comprise dans le sens le plus large du mot, est sans doute la plus élevée des fonctions ; elle est le résultat dernier de l'évolution nerveuse. En effet, elle acquiert une grande évidence seulement chez les animaux supérieurs et

d'une manière particulière chez l'homme, dont elle constitue le plus grand privilège, celui qui détermine vraiment son incommensurable supériorité sur tous les êtres vivants, même sur ces anthropoïdes qui présentent avec lui tant de ressemblances formelles. La volonté dont nous sommes si fiers, parce qu'elle justifie et exalte nos actions par la connaissance au moins apparente des motifs et des buts immédiats et futurs, et nous accorde l'illusion de la spontanéité, la volonté a vraiment fait de l'homme une puissance souveraine qui non seulement subordonne à ses besoins et à ses passions les forces de la nature et tout autre être vivant, mais qui scrute les origines et les métamorphoses de tout ce qui l'environne, avec l'espérance de pouvoir un jour révéler les mystères des forces cosmiques qui engendrent les harmonies énergétiques de l'Univers et les dynamismes plastiques des êtres organisés. La volonté avec des perfectionnements progressifs a réussi encore à construire des mécanismes qui servent à l'homme comme d'organes accessoires multipliant et élevant sa capacité de vie et de puissance. La volonté a aussi armé les sens de l'homme d'instruments qui rendent visibles au delà de l'espace les objets très lointains et très petits, qui permettent non seulement d'entendre les sons émis à une grande distance, mais qui même au delà du temps lui rendent possible d'assister à des événements qui appartiennent déjà au passé.

Ces mécanismes et ces facultés, conquis et transmis d'un homme à l'autre, d'une génération à la suivante, en se développant progressivement, en s'associant et en se coordonnant, devinrent le patrimoine de quelques collectivités humaines ; ainsi de génération en génération les résultats conquis dans les divers champs éthiques, esthétiques et scientifiques, se fixèrent dans l'âme collective. Cette capacité de la volonté humaine d'éterniser dans l'espèce les succès atteints par les individus, apparaît comme une transmission héréditaire des caractères acquis, obtenue surtout par la création de symboles phonétiques et graphiques de la pensée, qui donnent à la volonté une place privilégiée à l'égard des autres fonctions des êtres vivants.

Cette volonté consciente est cependant encore bien inhabile, peut-être parce qu'elle est la dernière venue entre les fonctions de la vie ; et son insuffisance apparaît parce qu'elle est capable d'accomplir en comparaison de ce que produisent les fonctions subconscientes. Considérez, en effet, les résultats morphologiques et énergétiques de ces dernières, si simples, si fins et opportuns, et qui souvent réalisent le maximum d'effet avec le minimum de dépense, et dites-moi s'il est possible de les comparer avec les moyens dispendieux et brutaux et avec les mécanismes lourds et grossiers qui résultent des efforts séculaires de la volonté humaine. Néanmoins, elle reste toujours la faculté sublime qui confère à l'homme un caractère presque divin, en particulier quand elle l'amène à sacrifier sa vie individuelle à la collectivité qui l'a formé.

Pendant le long conflit mondial, la volonté a contraint des millions d'êtres humains à une telle tension de sentiments et fureur d'action, que chez beaucoup elle s'est trouvée par la suite déprimée et déformée par un ralentissement surtout des freins inhibitoires. Si pareil trouble durait dans les proportions actuelles, il pourrait constituer un des plus grands parmi les innombrables malheurs causés par la guerre. Exaltons donc par la parole et par l'action la valeur de la volonté, et que les fruits de ce premier Congrès international de Physiologie d'après guerre soient un exemple d'activité dans le champ de l'idéal scientifique, qui est celui de la lutte pour l'élévation et le bien-être spirituel et matériel de l'humanité ! Sans nous attarder plus qu'il ne convient dans les souvenirs du passé terrible, rassemblons nos forces pour préparer ensemble un avenir qui empêche le retour de ces horreurs, et inspirons-nous des paroles de Shakespeare :

> ... wise men ne' er sit and wail their woes
> But presently prevent the ways to wail.

Les hommes sages ne s'arrêtent pas à gémir sur leurs afflictions, mais ils s'évertuent aussitôt à en prévenir le retour.

G. Fano,
Professeur de Physiologie générale
à l'Université de Rome.

DES PRINCIPES PHYSIOLOGIQUES QUI DOIVENT PRÉSIDER A TOUTE ÉTUDE DE LA LUMIÈRE[1]

DEUXIÈME PARTIE

IV

Tout se passe comme si la lumière était la résultante de deux processus récepteurs d'inégale sensibilité vis-à-vis des radiations de différentes longueurs d'onde, et intervenant en proportions variables suivant la quantité d'énergie efficace reçue dans l'unité de temps, la région rétinienne en jeu et l'état d'adaptation préalable.

L'extrême complexité des variations de sensibilité aux radiations de diverses longueurs d'onde s'ordonne d'une façon relativement simple en faisant appel à deux processus récepteurs différents ayant chacun une sensibilité élective stable vis-à-vis des diverses radiations[2] : l'un ayant sa sensibilité maxima vers $\lambda = 480 - 500$, et assez étendue du côté des radiations les plus réfrangibles, mais très peu influencé par les rayons rouges, et que l'on peut appeler le processus de vision crépusculaire parce que ses particularités se manifesteraient à l'état presque pur dans ce mode de vision ; l'autre ayant sa sensibilité maxima vers $\lambda = 600$, et assez étendue du côté des radiations les moins réfrangibles, mais peu influencée par les rayons violets, qui se manifesterait dans la vision diurne surtout pour les hautes intensités lumineuses, et qu'on pourrait appeler le processus de vision solaire, la courbe de sensibilité en fonction de la longueur d'onde correspondant à la courbe des énergies dans le spectre solaire après la traversée de l'atmosphère, dans les conditions normales d'utilisation pour la vision de l'énergie de rayonnement du Soleil.

Les processus de vision crépusculaire et solaire sont représentés en proportions inégales du centre à la périphérie, le premier dominant dans les régions excentriques, le second dans la région centrale. Ils sont inégalement favorisés par le repos, qui assure l'adaptation à l'obscurité, ou par le fonctionnement selon les divers degrés de l'adaptation lumineuse ; l'adaptation à l'obscurité augmente beaucoup plus le processus de vision crépusculaire que le processus de vision solaire, ou, inversement, l'adaptation lumineuse diminue beaucoup plus le processus de vision crépusculaire.

Dès lors, en chaque région de la rétine, où interviennent les deux processus en proportions définies, ces proportions se trouvent modifiées par l'état d'adaptation, qui affecte d'un coefficient variable chacune des deux composantes. Il suffirait dès lors de bien connaître chacun des deux processus et ses variations en fonction de l'adaptation, d'une part, et d'autre part leurs proportions en chaque point de la rétine, pour reconstituer objectivement la valeur d'excitation d'un groupe de radiations en toutes conditions définies, pour prévoir sa valeur lumineuse, résultante complexe et, d'apparence seulement, capricieuse.

Nous n'en sommes pas encore là. Si la dualité des processus est une hypothèse qui prend presque valeur de fait étant donné son succès à rendre compte d'un chaos d'observations

1. Voir la première partie de cet article dans la *Rev. gén. des Sciences* du 15 octobre 1920, p. 620 et suiv.
La figure 5 ci-dessous se rapporte à l'avant-dernier alinéa de la première partie (p. 633).

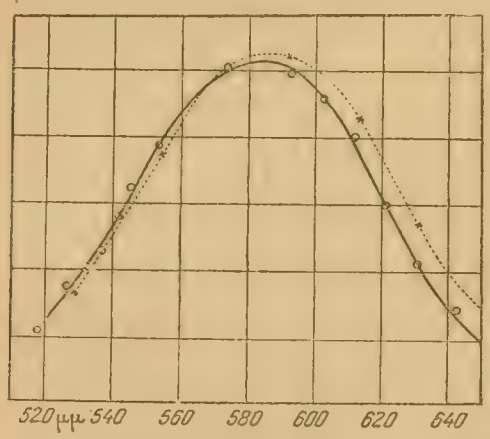


Fig. 5. — *Comparaison des luminosités pour les radiations du spectre avec les deux méthodes photométriques de l'égalisation directe des clartés et du papillotement, montrant l'influence de la longueur d'onde sur les valeurs relatives* (d'après Ives).

2. Les processus photoélectriques, les divers processus photochimiques ont chacun une variation spécifique de sensibilité en fonction de la longueur d'onde. Il existe d'une manière générale, chez les êtres vivants, animaux et végétaux, soit par action complexe de deux processus différents, soit par action de divers processus, des courbes de sensibilité différentes dans le spectre, n'ayant pas leur maximum en même place, ce maximum se rencontrant vers 520-530 $\mu\mu$, ou vers 500, ou vers 470, pour les Invertébrés et les végétaux (Cf. S. O. Mast : The relation between spectral color and stimulation in the lower organisms. *J. of. exper. Zool.*, t. XXII, p. 471-528 ; 1917. J. Loeb : *Forced movements, tropisms*, etc., ch. XI, p. 100-111).

disparates, la détermination de la nature des processus en jeu laisse toujours persister une grande marge d'incertitude. On n'a même pas encore d'hypothèse susceptible de subir le contrôle expérimental pour le substrat du processus de vision solaire[1]; mais, pour la vision crépusculaire, il semble bien que son substrat soit en rapport intime avec le pourpre rétinien.

En effet, la courbe de l'action photochimique exercée par les radiations spectrales sur le pourpre (blanchissement) et la courbe d'absorption d'énergie des radiations coïncident assez exactement avec la courbe de sensibilité en vision crépusculaire. D'autre part, le pourpre, qui fait défaut dans la fovéa, existe en proportion croissante, de la région paracentrale à la périphérie rétinienne. Les modalités de la décomposition à la lumière et de la reconstitution à l'obscurité rendent compte de la variabilité considérable de sensibilité due au processus de vision crépusculaire dans les différents états d'adaptation[2]. Il y a donc une hypothèse légitime qui fait du pourpre, et de sa décomposition photochimique, le fondement du processus de transformation de l'énergie d'irradiation rétinienne en lumière dans la vision crépusculaire, hypothèse renforcée par la physiologie comparée : absence de pourpre, presque complète chez les oiseaux diurnes, et complète chez les reptiles diurnes, comme les lézards, qui n'ont pas de vision crépusculaire, qui sont héméralopes, présence de pourpre dans la presque totalité des éléments récepteurs chez les oiseaux et mammifères nocturnes et dans la totalité chez certains reptiles nocturnes, comme le gecko, qui n'ont pas de vision solaire[3], ce qui rend souhaitable une étude précise de la vision de ces animaux.

Il faut se défier cependant des conséquences théoriques de cette hypothèse, qui risqueraient de dénaturer les faits : Le pourpre se rencontrant dans des éléments nerveux récepteurs allongés, les bâtonnets, et ne se rencontrant pas dans des éléments renflés, les cônes (éléments opposés entre lesquels se rencontrent cependant des types de transition), on a eu tendance à déduire de l'aspect morphologique le fonctionnement rétinien; on a dénié par exemple toute capacité d'adaptation à la fovea, l'adaptation devant appartenir aux seuls bâtonnets qui y font défaut.

1. Il doit bien s'agir encore d'un processus photochimique, mais la substance réagissant ne se révèle pas par sa couleur, ou par son changement de couleur.

2. Voir V. Henri et Larguier des Bancels : *Loc cit.*, p. 850-856.

3. A. Rochon-Duvigneaud : Les fonctions des cônes et des bâtonnets. Indications fournies par la physiologie comparée. *Ann. d'Oculistique*, t. CLIV, p. 633-648; 1917.

Il semble bien, à la vérité, que la vision solaire est seule représentée dans la fovea, tout au moins dans toute sa partie centrale[1], mais il y a une adaptation qui modifie la sensibilité du processus encore inconnu présidant à ce mode de vision, malgré des assertions contraires[2], et cette adaptation augmente la sensibilité pour les radiations rouges qui agissent sur ce processus de vision solaire. La marge de variation est seulement beaucoup plus petite que pour les radiations bleues et la périphérie rétinienne, c'est-à-dire pour le processus de vision crépusculaire.

Mais ce qui concerne la fovea, au point de vue de l'adaptation, ne concerne pas la région de fixation. En effet, en vision diurne, la fixation est bien fovéale, mais, en vision crépusculaire, la fixation, par suite d'une modification du mécanisme réflexe, devient paracentrale.

Von Kries a donné des indications sur les valeurs relatives des deux processus de vision, qu'il a rapportés, comme Parinaud, au fonctionnement des cônes et des bâtonnets, respectivement; pour un éclairage du champ de 0,01 à 25 b. m., il attribue aux bâtonnets une participation allant de 90 à 20 %, la participation étant égale à celle des cônes pour 1 à 5 b. m. [3]

Ces déterminations devraient être reprises, précisées et complétées pour les différentes régions rétiniennes, car elles seules permettront d'établir une photométrie objective valable.

La conception des deux processus engendrant la lumière comme une résultante physiologique rend compte de presque toutes les particularités topographiques de la vision[4]. Cependant, il faut

1. On a beaucoup discuté sur la question de savoir si la modification d'intensité lumineuse changeait, dans la fovea, la sensibilité relative aux diverses radiations spectrales. Hering soutint, en 1915, que le phénomène de Purkinje se rencontrait dans la fovea, mais Troland, reprenant les expériences, montra que les résultats de Hering ne s'obtenaient que lorsque la fixation fovéale n'était pas rigoureusement maintenue (L. T. Troland : The absence of the Purkinje phenomenon on the fovea. *J. of the Franklin Institute*, 1916, t. CLXXXII, p. 111-112).

2. Cf. en particulier : G. Best : Untersuchungen über die Dunkelanpassung des Auges mit Leuchtfarben. *Zeitschr. f. Biologie*, 1917, t. LXVIII, p. 111-166. — R. Dittler et I. Koike : Ueber die Adaptationsfähigkeit der *Fovea centralis*. *Z. f. Sinnesph.*, t. XLVI, p. 166-178; 1891. Charpentier s'était opposé dès le début à cette assertion de Parinaud (*Revue générale des Sciences*, avril et juillet 1898, p. 267 et p. 530).

3. J. Von Kries : Messende Versuche über die Funktionsstellung im Sehorgan. *Zeitschr. f. Sinnesphys.*, t. XXIII, p. 238-249; 1916.

4. En particulier, j'ai vérifié que la variation d'énergie liminaire en fonction de la durée d'excitation était la même pour les cônes périphériques (lumière rouge extrême) que pour les cônes fovéaux, et différente de celle correspondant à l'excitation des bâtonnets (lumière bleue dans l'adaptation à l'obscurité); la variation pour une excitation blanche périphérique dépend de la proportion et des rôles respectifs des cônes et des bâtonnets.

peut-être faire intervenir encore, pour expliquer les modifications de la sommation spatiale en fonction de l'adaptation et l'inégalité de ces modifications suivant les régions rétiniennes, des particularités d'un autre ordre.

La connexion d'un plus grand nombre d'éléments avec une seule fibre dans les régions périphériques que dans les régions paracentrales peut rendre compte de certaines variations constatées.

Mais il y aurait des faits semblant indiquer une augmentation de sommation par adaptation à l'obscurité jusque dans la fovea. A vrai dire, de nouvelles recherches seraient nécessaires. Toutefois il est possible qu'un mécanisme spécial intervienne pour augmenter ou diminuer la sommation spatiale. On a parfois fait intervenir des connexions variables entre éléments nerveux pouvant fonctionner isolément ou additionner leurs effets (A. Broca). On peut aussi songer à l'action de la migration pigmentaire qui se produit sous l'influence de la lumière, des granules de pigment venant coiffer les éléments récepteurs et les isoler en lumière intense, en sorte que les radiations reçues en un point n'agiraient pas sur les éléments voisins aussi facilement qu'en lumière plus faible où l'écran pigmentaire interposé fait presque entièrement défaut par suite de la régression des granules; et certaines constatations me permettent de penser à une intervention réelle et même importante de ce processus.

Sans insister davantage sur ce point, retenons seulement que peut-être un facteur local agissant sur la capacité de sommation spatiale intervient, en outre de l'action spécifique des deux processus récepteurs de la rétine se combinant en inégales proportions[1].

V

Une radiation donnée peut engendrer, outre la lumière, — et susceptible dès lors de gêner la perception lumineuse comme telle, — un processus spécifique de couleur, dont la nature qualitative est fonction de la longueur d'onde, et dont l'intensité (saturation) est fonction cyclique de l'énergie reçue dans l'unité de temps par la rétine et fonction complexe de la durée d'action, de la surface de réception, de la région rétinienne réceptrice surtout, et enfin de l'irradiation préalable (adaptation, persistance).

§ 1. — Justification

Toute radiation isolée visible engendre, chez un homme normal, une sensation particulière et caractéristique de la longueur d'onde, la couleur. Il s'agit là d'une sensation surajoutée à celle de la lumière; en effet, elle fait défaut dans diverses conditions d'excitation rétinienne où se produit la sensation lumineuse, et n'existe jamais sans être accompagnée d'une sensation de lumière, de clarté[1].

Elle fait défaut chez certains individus que l'on qualifie, pour cette anomalie, d'achromatopsiques; elle fait défaut, chez les individus normaux, pour des irradiations très brèves ou très peu intenses, mais en dépassant le seuil de la sensation de lumière, et même pour des irradiations prolongées et assez intenses, dans les régions périphériques de la rétine. L'éblouissement par des irradiations très considérables, certaines actions toxiques, font également disparaître la sensation chromatique, parfois électivement (certaines couleurs disparaissant seules, et les radiations correspondantes provoquant la sensation lumineuse isolée).

Lorsque la sensation chromatique est présente, elle gêne, elle inhibe dans une certaine mesure la perception lumineuse, l'appréciation de la clarté, qui en est difficilement isolable.

La couleur est une qualité qui varie comme une fonction continue de la longueur d'onde[2].

Elle coexiste avec des luminosités, des clartés variables, et, parallèlement aux variations de clarté, il y a variation dans l'intensité de la sensation de couleur, cette intensité chromatique étant fonction, comme celle de la lumière, de l'énergie d'irradiation, mais avec cette différence que, pour une augmentation progressive de l'énergie, l'intensité chromatique passe par un maximum et décroît ensuite. Aux très faibles énergies, il n'y a que de la lumière, puis, pour des énergies croissantes, apparaît une sensation

1. La fatigue rétinienne — qui a des rapports assez étroits avec l'adaptation — modifie les proportions des deux processus rétiniens; c'est ce qui explique que, si on réalise une égalité lumineuse sur deux points de la rétine dont l'un a été fatigué, la modification égale des énergies d'irradiation en ces deux points fait cesser l'égalité, comme l'ont remarqué Dittler et Orbeli (Ueber die Herstellung gleicher Helligkeit auf ungleich gestimmten Seheldstellen. *Arch. f. die ges. Phys.*, 1910, t. CXXXII, p. 338-352).

1. Il y a lieu de rapprocher l'existence de sensations qualitativement spécifiques pour les radiations de diverses longueurs d'onde, du fait que ces radiations provoquent des variations électriques rétiniennes, des courants d'action, dont les phases successives diffèrent dans leurs relations suivant la longueur d'onde (Piper, Kohlrausch, etc.).

2. Le nombre des sensations qualitativement différentes qui peuvent être différenciées dans un spectre varie selon les individus, sans atteindre en général la centaine. Nutting en a admis 134 au maximum (The retinal sensibilities. *Trans. of the Illum. Engin. Soc.*, 1916, t. XI, p. 15). Mais il faut noter que la sensation de pourpre — intermédiaire entre le rouge et le violet — ne correspond à aucune radiation propre.

de couleur qui s'accentue comme couleur (augmentation de la « saturation [1] ») en même temps qu'elle paraît de plus en plus claire et semble ainsi changer dans une certaine mesure de qualité, parce que la lumière et la couleur se fusionnent en une impression résultante unique. Pour une certaine énergie d'irradiation, la saturation est maxima, puis, la clarté augmentant toujours, le caractère chromatique de l'impression résultante diminue et tend à s'effacer progressivement.

Un spectre éblouissant ne donne pas, surtout dans la région de sensibilité rétinienne maxima, où la clarté est considérable, de sensations nettes de couleur ; un spectre à peine visible a une luminosité incolore (qu'on appelle « grise » par analogie avec les luminosités colorées) ; il existe un optimum pour lequel les couleurs ont leur intensité, leur « saturation », maxima.

L'intensité chromatique est fonction de la durée d'action de l'excitation, comme l'intensité lumineuse, mais elle est en retard sur cette dernière [2], puisque, pour une certaine durée d'action, il y a sensation de lumière incolore (l'intervalle étant appelé « photochromatique » comme celui qui sépare le seuil de lumière de celui de couleur quand on augmente l'énergie d'irradiation par unité de temps).

Il existe également une influence de la sommation spatiale, mal étudiée encore, comme de la sommation dans le temps [3].

Enfin la variation d'intensité chromatique en fonction de l'énergie d'irradiation et de la densité de celle-ci dans l'espace et dans le temps, est influencée par la position topographique de la surface rétinienne excitée et par l'état d'adaptation de la rétine.

A cet égard, les conditions qui favorisent le processus de vision crépusculaire — excitation périphérique, adaptation à l'obscurité — diminuent au contraire le processus chromatique, en sorte qu'à énergie égale la couleur est d'autant

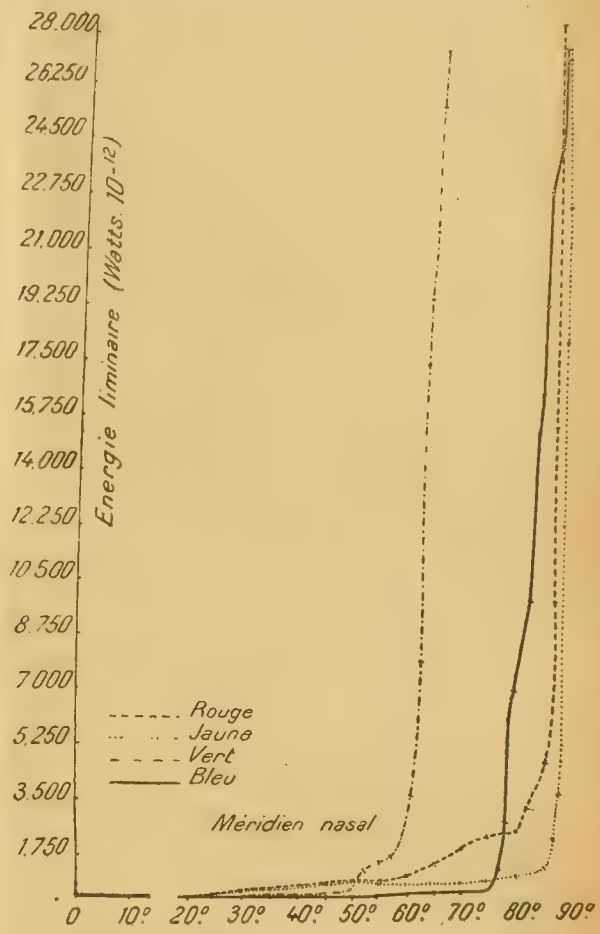


Fig. 6. — *Variation de l'énergie pour engendrer une sensation chromatique, avec les radiations spectrales, aux différents points du méridien horizontal de la rétine, côté nasal* (d'après Ferree et Rand).

moins intense que la vision est plus périphérique et que l'adaptation à l'obscurité est plus complète ; la couleur varie donc ici en sens inverse de la lumière.

Mais cette variation n'est pas égale pour toutes les couleurs, pour toutes les radiations. C'est ainsi que le minimum d'énergie nécessaire pour engendrer une sensation de rouge ou de bleu augmente au fur et à mesure que l'excitation se déplace du centre vers la périphérie, mais inégalement dans les deux cas [1] (fig. 6) ; l'intervalle

1. La saturation est généralement envisagée comme une fonction du rapport d'une lumière monochromatique à une lumière blanche (cf. par exemple les définitions de l'Illuminating Engineering Society in *1918 Report of the Committee on nomenclature*) ; mais, si cette proportion agit bien sur l'intensité du processus chromatique, elle ne peut être confondue avec elle.

2. La courbe d'établissement de la sensation chromatique est très analogue à la courbe d'établissement de la sensation lumineuse, mais elle s'étale davantage, comme l'ont montré les recherches, faites malheureusement avec une technique grossière, de Berliner (Das Anstieg der reinen Farbenerregung im Sehorgan. *Psychol. Studien*, t. III, p. 91-155 ; 1907).

3. On pourrait penser que la persistance de la sensation chromatique est plus grande que celle de la sensation lumineuse, parce que la fusion de couleurs différentes successivement perçues se fait plus facilement, pour des intervalles plus longs, que la fusion de lumières différentes : dans la rotation d'un disque à secteurs colorés d'inégale luminosité, il y a d'abord un papillotement de couleurs, puis un papillotement de clartés, gris ou de coloration homogène, quand les couleurs ont fusionné et non encore les clartés, puis enfin une impression stable uniforme. En réalité, il s'agit moins ici sans doute d'une différence de persistance que d'une différence dans la capacité de donner une résultante des impressions empiétant l'une sur l'autre, un empiétement partiel suffisant avec les couleurs.

1. L'élévation du seuil pour le rouge, quand on s'éloigne du point de fixation, se fait beaucoup plus vite que pour le bleu, ce qu'on traduit en disant que le champ visuel pour le

photochromatique diffère beaucoup pour le rouge et le bleu; il est minimum, sans être tout à fait nul, pour le rouge, dans la fovea adaptée à la lumière, maximum pour le bleu à la périphérie, dans l'adaptation à l'obscurité. Le processus chromatique exige en effet une quantité d'énergie, qui n'est pas beaucoup moindre dans l'adaptation à l'obscurité que dans l'adaptation à une certaine irradiation (l'énergie serait même constante, d'après Charpentier, qui a exagéré un peu); dès lors, l'abaissement considérable du seuil d'excitabilité lumineuse par les radiations de courte longueur d'onde dans l'adaptation à l'obscurité, surtout à la périphérie rétinienne, explique l'augmentation très grande dans ces conditions de l'intervalle photo-chromatique; les faibles variations de sensibilité pour les radiations les plus longues, surtout dans la fovea, rendent compte de la minime étendue de l'intervalle photochromatique pour le rouge[1].

Il n'est pas possible de déterminer à l'heure actuelle le rôle exact de l'énergie utilisée par le processus de vision crépusculaire pour la genèse de sensations chromatiques[2], mais ce qui est certain, c'est que la sensibilisation, par obscuration prolongée, de ce processus de vision n'exerce pas d'action sur la sensibilité chromatique.

bleu est plus grand que pour le rouge. En réalité, les couleurs peuvent être perçues sur la totalité de la rétine — avec des différences qualitatives d'ailleurs que nous laisserons ici de côté — mais de plus en plus difficilement : si l'énergie requise est de 30,8 pour le rouge et de 8 pour le bleu au centre, à l'extrême limite du champ de vision, elle s'élève à peu près également alors à 27.783 pour le rouge et 27.242 pour le bleu, d'après les déterminations très précises de Ferree et G. Rand (Chromatic thresholds of sensation from center to periphery of the retina and their bearing on color theory. *Psychological Review*, t. XXVI, p. 16-41; 1919).

1. Charpentier, pour l'adaptation à l'obscurité, sans préciser exactement la région rétinienne intéressée, trouve des intervalles photochromatiques (rapport du seuil de lumière au seuil de couleur) allant de 4 pour le rouge extrême, de 5,5 pour l'orangé et de 9,6 pour le jaune, à 166 pour le vert et 625 pour le bleu moyen (cf. *Traité de Physique biologique*, II, p. 906).

2. Lorsqu'on a différencié le processus de vision crépusculaire, on a généralement admis qu'il ne pouvait fournir qu'une vision achromatique, et que la vision des couleurs était le fait des cônes assurant le processus de vision diurne, qui serait un processus de vision chromatique. Or il est certain que la vision diurne peut être achromatique (le processus de vision solaire étant parfois diminué, il est vrai, chez des achromatopsiques, mais non totalement aboli), et quelques faits seraient en faveur d'une vision chromatique liée aux bâtonnets, tout au moins pour le violet et même pour le bleu, qui exige, entre 50° et 80° du point de fixation, beaucoup moins d'énergie que le rouge. Dans l'héméralopie, où le processus de vision crépusculaire fait défaut, dans l'intoxication par la santonine, qui atteint les bâtonnets, il y a cécité pour le violet (cf. V. O. Siven : Studien über die Stäbchen and Zapfen der Netzhaut als Vermittler von Farbenempfindungen. *Skandin. Arch. f. Physiol.*, t. XVII, p. 306-388; 1915. — The rods as color-perceptive organs. *Arch. of Ophtalmol.*, t. XLII, p. 156-164; 1913).

§ 2. — **Conséquences**

L'existence des sensations de couleur gêne notablement l'appréciation des clartés dans la photométrie.

Cette gêne — qui se traduit par une marge plus grande d'incertitude ou d'erreurs dans la comparaison des lumières avec élévation du seuil différentiel — croît assez régulièrement avec la différence de longueur d'onde jusqu'à un maximum, pour décroître ensuite, l'évolution de ce facteur « hétérochromatique » perturbateur ayant été interpolée par Troland[1] au moyen d'une formule ellipsoïdale, en se basant sur la division du spectre en degrés de sensation d'après l'échelle de Nutting. La difficulté maxima de comparaison se rencontre pour des lumières de couleurs complémentaires.

C'est pour éviter cette difficulté que la photométrie du papillotement, la « flicker photometry », a été introduite comme méthode de comparaison; nous en avons déjà parlé; son grand mérite consiste en ce que, par succession rapide des deux lumières à comparer, il se produit une fusion des couleurs avant la fusion lumineuse; le papillotement coloré ayant cessé, l'observation du papillotement lumineux se fait comme s'il s'agissait de lumières homogènes, homochromes, la fusion se faisant d'autant plus facilement que les lumières se rapprochent de l'égalité, et que les persistances deviennent identiques; l'égalité lumineuse est affirmée lorsque, pour une certaine valeur des énergies d'irradiation, la vitesse de succession des excitations capable d'assurer juste la fusion passe par un minimum. La méthode est extrêmement sensible parce que les différences de capacité fusionnelle, peut-on dire, croissent très vite au début quand les luminosités commencent à s'écarter; elle donne des seuils différentiels au moins 5 fois plus fins que la méthode classique d'égalisation directe.

Mais elle comporte des causes d'erreur évitables et des causes d'erreur systématiques dont nous avons déjà parlé.

La vision chromatique est une gêne pour l'appréciation des intensités lumineuses; mais elle rend de grands services pour la perception et la reconnaissance des objets. Elle est utilisée en particulier en matière de signaux, et dès lors ses particularités physiologiques, que nous avons rappelées, ne doivent pas être négligées. MM. Broca et Polack[2] ont montré quelles applications

1. L. T. Troland : The heterochromatic differential threshold for brightness. *Psychol. Review*, t. XXV, p. 305-319 et p. 359-377; 1917.

2. Vision de petites sources lumineuses colorées. Application à la reconnaissance des feux réglementaires de la marine. *J. de Physiologie*, t. X, p. 66-75; 1908.

comportaient les lois de la vision des couleurs, indiquant en particulier pour les feux de marine combien un signal rouge très éloigné, bien vu seulement en vision centrale, était de recherche difficile, et combien un signal bleu, facile à découvrir, à cause de la sensibilité exquise de la périphérie rétinienne aux radiations de courte longueur d'onde, était difficile à reconnaître, à cause de la grandeur de l'intervalle photochromatique dans ces conditions.

Ils ont donné quelques conseils pour la détermination des couleurs des signaux quand cette couleur n'est pas perçue : un signal mieux vu en vision directe est rouge; mieux vu en vision indirecte, s'il reste incolore en toute vision, est bleu; mieux vu en vision indirecte, s'il vire au rouge tout en devenant moins lumineux en vision directe, est incolore.

En réalité, les achromatopsiques peuvent, grâce à des règles de ce genre, déterminer la couleur — qui, comme sensation, leur est inaccessible — des lumières qu'ils perçoivent[1].

Les règles de Broca et Polack se basent surtout sur les variations de sensibilité lumineuse et chromatique dans le champ visuel. Or, à cet égard, il y a lieu de souligner l'erreur que comporte la notion des champs de couleurs limités : il est classique de dire que le bleu est perçu dans un certain champ rétinien dont on trace les contours, le jaune dans un autre champ un peu plus petit, le rouge et le vert enfin dans des champs plus limités encore[2]. Or il y a là une traduction de l'inégale variation de sensibilité chromatique vers la périphérie de la rétine, en sorte que les limites des champs dépendent de la saturation des couleurs (intensité chromatique), de l'intensité lumineuse, de l'état d'adaptation de la rétine, de l'irradiation générale (luminosité ambiante), etc. Mais, dans toute la rétine, des sensations chromatiques peuvent être provoquées[3].

La notion de champ de couleur est donc très contingente, et, si elle doit avoir une valeur pratique, il ne faut pas négliger de tenir compte de toutes les conditions qui peuvent modifier les grandeurs respectives des champs pour une irradiation donnée de la rétine.

1. Un des moyens consiste à apprécier l'influence des radiations sur l'acuité visuelle, sur le pouvoir de discrimination rétinienne, dont nous parlerons dans une autre étude.

2. On a beaucoup discuté sur la grandeur respective de ces deux champs chez les normaux; d'énergie égale, d'après les résultats de Ferree et Rand, le champ du vert est plus grand que celui du rouge, quand cette énergie ne permet pas de dépasser 50°; au delà, le champ du rouge est plus grand.

3. Cf. Ferree et G. Rand : *loc. cit.* — André Broca et Polack avaient déjà constaté qu'avec des irradiations intenses, les couleurs étaient encore perçues à la périphérie de la rétine (Sur la topographie de la sensibilité rétinienne pour les hautes lumières et le phénomène de Troxler. *J. de Physiologie*, t. X, p. 1031-1040 ; 1908).

VI

Dans un groupe de radiations d'inégale longueur d'onde, la couleur, en outre des variables précédentes, est qualitativement et quantitativement fonction de l'énergie relative des diverses radiations composantes atteignant la surface rétinienne réceptrice ; elle s'annule pour certaines répartitions d'énergie.

§ 1. — Justification

Nous avons envisagé la couleur comme une sensation, caractérisant l'action d'une radiation de longueur d'onde donnée comme telle; mais, quand la rétine est soumise à l'action de radiations mélangées, les processus chromatiques apparaissent complexes. Pour prendre le cas le plus simple, deux radiations de longueur d'onde différente agissant simultanément sur un même point de la rétine, apportant chacune, après traversée des milieux de l'œil[1], une quantité d'énergie telle que l'impression lumineuse engendrée soit égale pour chacune d'elle, vont provoquer une sensation qualitativement différente des deux sensations chromatiques qui correspondraient à leurs actions spécifiques respectives, sensation qui dépendra du rapport de leurs longueurs d'onde. Tout se passe comme si les radiations se combinaient en une résultante intermédiaire engendrant le même effet spécifique qu'une radiation de longueur d'onde intermédiaire : une radiation rouge et une radiation jaune agissant simultanément engendrent une sensation orangée comme le ferait une radiation intermédiaire dans le spectre.

Toutefois cette action résultante ne vaut que lorsque l'écart entre les longueurs d'onde n'atteint pas une certaine valeur critique, pour laquelle il se produit une annulation du processus chromatique. C'est ainsi qu'une radiation de 656 $\mu\mu$ (rouge) combinée à une radiation de 570 $\mu\mu$ (jaune) donnera une sensation d'orangé, voisine de celle que fournirait une radiation isolée de 610 $\mu\mu$. Si, à cette radiation de $\lambda = 656$, on combine une radiation jaune verdâtre, une verte, la sensation résultante se déplacera vers le jaune d'or et le jaune, mais quand on approchera d'une radiation de $\lambda = 492$, la sensation résultante s'atténuera et en viendra à disparaître tout à fait, ne laissant plus que la sensation de lumière; on appelle complémentaires les radiations qui ont la propriété

1. Cette considération n'est pas négligeable, en raison de l'absorption élective par les milieux oculaires ; nous l'avons signalée à propos de notre 1er principe.

de s'annuler[1]. Au delà, il se produit de nouvelles couleurs résultantes. Dans des combinaisons plus complexes, il se produira, soit des annulations complètes du processus chromatique, comme c'est le cas pour la lumière « blanche », soit, lorsqu'une ou deux catégories de radiations comporteront assez d'énergie dans l'ensemble pour engendrer, en un point donné de la rétine adaptée d'une certaine manière, une action physiologique prédominante, des phénomènes semblables à ceux qui sont dus à l'action des radiations isolées au point de vue qualitatif, mais non au point de vue quantitatif, qui concerne l'intensité du processus chromatique, la saturation de la couleur. La couleur apparaît comme un saillant qui émerge de la lumière ; son intensité dépend du rapport de l'énergie engendrant le processus chromatique à l'énergie totale engendrant le processus lumineux, en outre des lois propres que nous avons antérieurement indiquées au sujet de la saturation de la couleur engendrée par la radiation isolée, l'intensité chromatique étant, dans ce cas complexe, fonction de ces deux catégories de variables[2].

Des observations d'individus partiellement achromatopsiques ont montré qu'il pouvait se manifester deux sensations chromatiques, seulement, produites par les radiations spectrales, et séparées par une bande incolore[3].

La correspondance des sensations les plus vives avec certaines radiations montre que, dans ces achromatopsies partielles, on peut rencontrer une vision de l'orange et du bleu avec bande incolore du spectre dans le jaune vert (566 $\mu\mu$), ou une vision du jaune et de l'indigo (bleu violet) avec bande incolore dans le vert bleu (vers 490-500 $\mu\mu$).

Sans entrer dans le détail des théories, ces faits conduisent à penser que tout le jeu des sensations chromatiques peut résulter de deux doubles processus, chacun donnant par un mécanisme antagoniste deux couleurs, et les combinaisons en proportions variées des quatre éléments amenant la multiplicité des 130 ou 140 sensations spécifiquement distinctes[1].

1. On sait que le rapport des longueurs d'onde varie de 1,19 à 1,33 environ pour les complémentaires. Notons, comme rapprochement curieux, que les radiations correspondant au maximum de sensibilité dans les deux processus de vision solaire et crépusculaire représentent à peu près des complémentaires.

2. La combinaison de la saturation chromatique avec la clarté engendre, dans le complexus reçu, l'apparence de qualités nouvelles de la couleur : c'est ainsi qu'un rouge faiblement saturé accompagné d'une luminosité assez intense apparaîtra comme un rose clair, et accompagné d'une faible luminosité, comme un brun sombre, comme si le rose et le brun étaient des couleurs distinctes du rouge.

3. Cf., pour une étude satisfaisante d'un cas de ce genre : Mabel Clare Williams : Description of an unusual case of partial colorblindness. *Psychol. Monographs*, t. XXV, 2, p. 1-30; 1918.

§ 2. — Conséquences

La vision chromatique ne peut plus être considérée comme une forme fondamentale de la vision ; ce fut l'erreur d'Helmholtz que de vouloir dériver la lumière blanche d'une fusion de couleurs.

Phylogénétiquement, la vision chromatique apparaît tardivement et n'est, même chez beaucoup de Mammifères, qu'assez peu développée. Et l'achromatopsie montre que la sensibilité lumineuse primordiale n'est aucunement modifiée — sauf anomalies connexes — par la disparition de la vision des couleurs, et non seulement la sensibilité crépusculaire, mais aussi la sensibilité lumineuse solaire[2].

Une sensation de couleur apporte un élément de connaissance au sujet de la nature des radiations qui engendrent la lumière ; son intensité propre, sa saturation, pour une luminosité moyenne, fournit une indication sur la valeur de la prédominance, dans un groupe de radiations complexes, de quelques-unes d'entre elles ; sa nature qualitative, sa nuance, permet de déterminer la longueur d'onde, soit caractérisant la radiation prédominante, soit formant le centre de gravité, pour ainsi dire, de la série, ou des deux séries différentes de radiations prédominantes.

Mais l'indication fournie par la sensation chromatique peut être modifiée selon l'énergie d'irradiation, la région rétinienne excitée, l'état d'adaptation préalable, etc., ce qui rend nécessaires des précautions techniques toutes particulières quand on emploie en chimie une méthode de dosage colorimétrique.

VII

Toute donnée quantitative obtenue dans les conditions les plus rigoureusement définies vaut pour un individu donné et pour un moment donné, la variabilité, souvent considérable, qui se rencontre d'un individu à l'autre, et, chez un même individu, d'un moment à l'autre, ne permettant pas de

1. Au sujet de la notion des processus antagonistes donnant les couleurs complémentaires et s'annulant quand ils s'équivalent pour ne laisser que le processus lumineux, notion en somme introduite par Hering, on peut signaler les faits déjà connus en photochimie, tel que celui de la teinture de gaïac oxydée sous l'action des rayons violets (et prenant la couleur bleue), mais réduite sous l'action des rayons rouges (et reprenant la couleur jaune), les faits de « phototropie ».

2. Cf. par exemple : H. Piper : Beobachtungen an einen Fall von totaler Farbenblindheit des Netzhautzentrums in einem und von Violettblindheit des anderen Auges. *Zeitsch. f. Ps. und Ph. der Sinn.*, t. XXXVIII, p. 155-189 ; 1905.

lier d'une façon rigoureuse l'intensité de l'effet physiologique d'une irradiation rétinienne avec l'ensemble des conditions physiques d'irradiation.

Pour prévoir les rapports des intensités lumineuses qui pourront correspondre à des irradiations d'énergie différente, nous avons montré qu'il fallait tenir compte de toute une série de conditions. Théoriquement il est possible, dans certaines conditions bien définies, de prévoir, par exemple, les énergies d'irradiation nécessaires pour obtenir, avec des rayons de longueur d'onde différente, une égale lumière, perçue en une région donnée de la rétine sous un certain état d'adaptation. Il faudra établir la variation de sensibilité relative aux diverses radiations — pour cette région de la rétine et cet état d'adaptation — suivant le niveau de l'énergie d'irradiation : on pourra déterminer la sensibilité du système de vision crépusculaire et celle du système de vision solaire, et les coefficients de participation des deux modes de vision suivant l'énergie d'irradiation ; en faisant intervenir, dans la loi reliant ces coefficients à l'énergie, les états d'adaptation et la topographie rétinienne, on pourra élargir encore la prévision.

Ceci s'établira pour un individu moyen considéré comme type normal, en effaçant les différences individuelles. Mais il faut bien se rappeler que ces différences individuelles peuvent être considérables, et qu'ainsi les rapports moyens que l'on réussira à établir ne pourront jamais être considérés comme exacts pour un individu donné, qui différera toujours plus ou moins de la moyenne. Les coefficients de participation de la vision crépusculaire et de la vision solaire établis dans des conditions identiques peuvent osciller de 0 à 1, les extrêmes étant représentés par des cas considérés comme pathologiques étant donnée la grandeur de l'écart par rapport à la moyenne, celui des héméralopes et celui, plus rare, des nyctalopes.

Et, chose plus grave, suivant ces conditions physiologiques, les coefficients pourront varier, c'est ainsi que l'affaiblissement du processus de vision crépusculaire se manifeste dans la fatigue, et peut conduire, à la suite de phénomènes d'épuisement, à l'héméralopie complète, comme il en a été observé pendant la guerre d'assez nombreux cas chez des soldats fatigués et mal nourris (héméralopie de tranchées).

Si les variations extrêmes sont remarquées, les variations par rapport à la moyenne passent inaperçues, bien qu'elles soient souvent importantes.

C'est ainsi que les achromatopsiques totaux ou partiels (pour certaines couleurs) sont généralement connus ; mais, quand on les recherche systématiquement, on s'aperçoit que de nombreux individus ont une faiblesse remarquable des sensations chromatiques, soit généralisée, soit limitée à certaines couleurs [1].

En faisant des déterminations moyennes, on s'aperçoit de la grandeur des écarts individuels, qui diminuent beaucoup le poids des moyennes [2]. Lorsqu'un physicien procède à une mesure photométrique, il doit se rappeler que, avec une marge d'incertitude qui relève du fonctionnement de l'appareil psychophysiologique, le chiffre qu'il obtient est individuel et ne vaut pas pour d'autres individus, ne vaut pas même pour lui, à un autre moment.

S'il diffère peu du type moyen, cela n'a pas trop grande importance, mais cet écart doit être préalablement déterminé, surtout quand on procède à la photométrie hétérochrome.

Avec 115 observateurs, Crittenden et Richtmyer [3] ont été frappés du nombre de ceux qui ne pourraient être utilisés pour des mesures de photométrie hétérochrome, soit par la méthode de papillotement, soit par la méthode classique d'égalisation des clartés.

Les variations individuelles et temporelles concernent surtout, en effet, les variations chromatiques, et les proportions relatives des processus de vision solaire et crépusculaire, ainsi que les phénomènes de persistance [4] qui interviennent dans la « flicker photometry » ; elles se manifestent aussi, nous en avons dit un mot au passage, dans l'intensité et la vitesse des réactions pupillaires et des variations adaptatives rétiniennes.

---

1. Houstoun constate que la courbe de fréquence pour la perception des nuances spectrales est assez étalée pour s'étendre jusqu'aux cécités chromatiques complètes (A statistical Survey of color vision. *Proceed. of Roy. Soc.*, 1918, A, t. XCIV, p. 576-586). D'autre part, dans des statistiques étendues, Koellner a montré qu'on trouvait toutes les formes de passage entre la vision moyenne des couleurs et l'achromatopsie (Die Uebergänge zwischen normalen Farbensinn und Farbenblindheit. Physik. Medizin. Gesellsch., Würzburg, 18 déc. 1914, et *Arch. f. Augenheilk.*, t. LXXVIII, p. 302-335; 1915.

2. Ives, par exemple, note, sur 18 observateurs, des variations atteignant 159 % à 481 $\mu\mu$ et 122 % à 655 $\mu\mu$ (*Philos. Magazine*, t. XXIV, p. 853-863; 1912).

3. E. C. Crittenden et F. K. Richtmyer : An « average eye » for hetero-chromatic photometry, and a comparison of a Flicker and an Equality of brightness Photometer. *Bull. of the Bureau of Standards*, t. XIV, p. 87-114; 1918.

4. Il y a un certain nombre d'années, Pierre Janet a montré que la capacité de fusion de secteurs colorés sur un disque tournant — qui est fonction de la persistance — pouvait varier dans d'assez larges proportions suivant l'état physiologique et le « niveau mental », les états de dépression entrainant une augmentation de persistance, une fusion plus facile (La durée des sensations visuelles élémentaires. *Bull. de l'Inst. gén. Psychol.*, t. IV, p. 540-552; 1904).

***

Nous nous sommes borné, dans cette étude, à l'énoncé des principes généraux relatifs aux conditions de réalisation de la lumière, blanche ou colorée[1].

Or ce simple énoncé nous paraît bien de nature à montrer à quel point il est imprudent et illégitime de maintenir dans le domaine physique l'étude de la lumière[2].

Il appartient à la Physique d'étudier les radiations, dont certaines, par suite d'une particularité de notre organisation[3], engendrent la sensation lumineuse, dont l'importance pour la vie, et par suite pour la connaissance du monde, est indéniable.

Il est naturel que, lorsque notre science était encore embryonnaire, on ait identifié avec la lumière qui nous les révélait les radiations dont on entreprenait l'étude. Mais, aujourd'hui, l'étude des radiations se dégage de la prison sensorielle primitive. La lumière ne doit plus être considérée que d'un point de vue pratique. Et, de ce point de vue pratique, il est nécessaire, si l'on veut éviter des erreurs, et obtenir des perfectionnements continuels, d'assurer la collaboration des physiciens étudiant les radiations photogènes, c'est-à-dire susceptibles de provoquer la sensation lumineuse, et des psychophysiologistes étudiant la lumière elle-même, la réalisation lumineuse dans l'organisme sous l'influence de ces radiations.

H. Piéron,

Directeur du Laboratoire de Psychophysiologie de la Sorbonne.

1. Dans une étude ultérieure, nous compléterons cet énoncé par celui des quelques principes devant présider aux études d'application, dans lesquelles il faut tenir compte des conditions ordinaires de la vision, impliquant une discrimination spatiale pour la perception des formes et des mouvements d'exploration et d'accommodation oculaire.

2. Il n'en serait pas ainsi si, avec J. Perrin, on utilisait le mot pour désigner toutes les radiations visibles ou invisibles, comme il le fait dans sa théorie générale du rôle de la lumière dans les réactions chimiques (Atomes et Lumière, *Revue du Mois*, t. XXI, p. 113-166; 1920).

3. Chez les Céphalopodes, pourvus d'yeux « thermoscopiques », des radiations de grande longueur d'onde traversant un cristallin noirci sont capables de provoquer des sensations que nous pouvons très bien considérer comme visuelles, et engendrer chez eux de la « lumière », lorsque nous ne les percevons que par leur effet thermique.

L'ANALYSE CHIMIQUE PAR LES RAYONS POSITIFS

L'étude des rayons positifs et de leurs applications, en particulier à l'analyse chimique, a été poursuivie depuis un certain nombre d'années au Laboratoire du Professeur Sir J. J. Thomson, dont la *Revue générale des Sciences* a publié en 1911 un résumé des travaux, d'après une conférence faite devant la Royal Institution[1].

Le Prof. Thomson vient de donner tout dernièrement à la Royal Institution une nouvelle série de six conférences, où il rend compte de l'état actuel des recherches sur le même sujet[2].

Nous rappellerons en quelques mots le mode de production et les principales propriétés des rayons positifs.

I

C'est à Goldstein que revient l'honneur de la découverte des rayons positifs. En étudiant le passage de la décharge dans un tube de Crookes, il s'aperçut que l'emploi d'une cathode perforée au lieu d'une cathode pleine permettait d'obtenir, en arrière de la cathode, une luminosité. Dans le cas de l'hydrogène, par exemple, cette luminosité était rouge, tandis que le restant du tube présentait la coloration verdâtre due à l'action des rayons cathodiques.

Ce phénomène provient de ce que l'afflux positif, rencontrant la cathode perforée, passe à travers les trous. La luminosité observée primitivement par Goldstein est due à cet afflux positif, constitué par des particules positivement chargées. Ces rayons ont reçu le nom de rayons canaux; on les appelle souvent aussi rayons de Goldstein et encore rayons positifs.

Les rayons positifs excitent la fluorescence d'un certain nombre de substances, telles que la willémite, silicate naturel de zinc. Ils impressionnent la plaque photographique. Ils ont un pouvoir pénétrant extrêmement faible. Comme les rayons cathodiques, ils ont la propriété d'être déviés par un champ électrique et aussi par un champ magnétique. Les premiers expérimentateurs n'avaient pas observé de déviation appréciable par le champ magnétique; cependant Wien, à l'aide de champs magnétiques suffisamment puissants, réussit à mettre cette déviation en évidence. L'action d'un champ magnétique n'est d'ailleurs qu'une très petite fraction de ce qu'elle serait dans le cas des rayons cathodiques, toutes les conditions étant les mêmes.

1. *Revue générale des Sciences*, 30 septembre 1911.

2. *Engineering*, 27 février, 5, 12, 19, 26 mars, 2 avril 1920.

Appelons e la charge d'une des particules constituant les rayons positifs, m sa masse, v sa vitesse; et recevons les rayons sur un plan perpendiculaire à leur direction. La déviation produite par un champ électrique est proportionnelle à l'expression

$$(1) \qquad x = \frac{e}{mv^2},$$

et la déviation produite par un champ magnétique est proportionnelle à l'expression

$$(2) \qquad y = \frac{e}{mv}.$$

Supposons donc d'abord que, en l'absence de tout champ, nous interposions sur le trajet des rayons positifs, perpendiculairement à leur direction, un écran recouvert de willémite. Au point d'impact O du faisceau positif (fig. 1), la willémite deviendra fluorescente. Nous constaterions

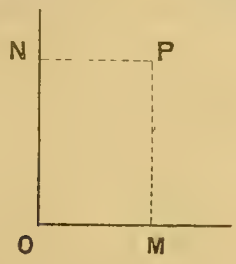


Fig. 1.

de même qu'au point O, une plaque photographique est impressionnée.

Soumettons maintenant le faisceau positif à la double action d'un champ électrique et d'un champ magnétique, de façon que les déplacements dus à ces deux champs soient rectangulaires : le point d'impact du faisceau ne se trouvera plus en O, mais en un certain point P, tel que PN et PM soient proportionnels aux déplacements dus aux deux champs, les directions de OM et de ON étant respectivement celles de ces déplacements.

Dans un gaz donné, des particules de même nature sont caractérisées par le fait qu'elles ont toutes la même valeur de e/m. Mais elles n'ont pas toutes la même vitesse v. On obtient sur l'écran ou sur la plaque photographique, suivant une même parabole, le lieu du point d'impact des rayons correspondant à une même espèce de particules. Éliminant v entre les équations (1) et (2), on a :

$$(3) \qquad y^2 = Cx\frac{e}{m}.$$

Dans cette relation, C désigne une constante indépendante de la nature du corps.

Nous obtenons donc ce résultat que toutes les particules de même espèce impressionnent l'écran ou la plaque photographique suivant une parabole définie par l'équation (3), le paramètre de cette parabole étant proportionnel à e/m.

La charge e est, soit la charge d'un ion, soit un multiple de cette charge. Nous verrons plus loin de quels moyens on dispose pour déterminer la valeur de ce multiple.

Connaissant e, l'équation (3) donne la valeur de m, masse des particules positives. Ces particules constituent les atomes et les molécules des gaz présents dans le tube. On est ainsi à même de déterminer les poids atomiques et moléculaires de ces gaz.

Les mesures sont faites sur les clichés. Les déterminations sont relatives à un atome arbitrairement choisi, qui pourra être, par exemple, celui d'hydrogène ou celui d'oxygène.

II

Voyons maintenant comment il est possible, en pratique, de réaliser de telles expériences.

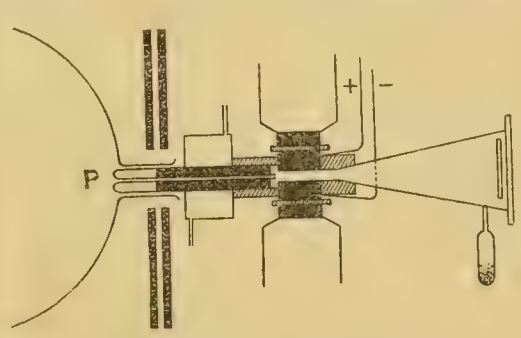


Fig. 2. — *Dispositif pour l'étude des rayons positifs.*
P, cathode du tube à décharge.

La figure 2 donne le schéma du dispositif expérimental. Nous avons en P la cathode du tube à décharge constituée par un tube ayant un canal extrêmement fin, ne dépassant guère 1/10 de millimètre de diamètre.

Les rayons, après avoir été soumis simultanément aux deux champs, tombent sur l'écran ou la plaque photographique.

Les premières observations ont été faites à l'aide d'écrans fluorescents. Les meilleurs résultats ont été obtenus à l'aide de willémite sous forme de grains extrêmement fins répartis sur une plaque de verre. Mais la fluorescence que prenaient de tels écrans n'était qu'un phénomène fugitif. Au bout de quelque temps, la substance fluorescente, subissant une « fatigue », devenait inutilisable. Une plaque photographique a sur ces écrans l'avantage de laisser un document durable du phénomène. Il est aisé d'y

effectuer des mesures. La plaque photographique est à présent presque exclusivement utilisée. Toutefois, il ne peut être question d'employer les plaques photographiques ordinaires. Nous avons vu, en effet, que les rayons positifs sont très peu pénétrants. Avec les plaques ordinaires, la presque totalité du sel d'argent serait inutilisée. Il faut donc avoir recours à des plaques dont la couche sensible soit très mince et aussi riche que possible en sel d'argent. Ces conditions sont à peu près remplies par les plaques qui servent à l'étude des rayons de l'extrême ultra-violet, rayons qui, comme les rayons positifs, ont un pouvoir pénétrant très faible.

Pour obtenir de bons clichés, il est nécessaire de régler minutieusement la pression à l'intérieur de l'appareil. En effet, le passage de la

Fig. 3.

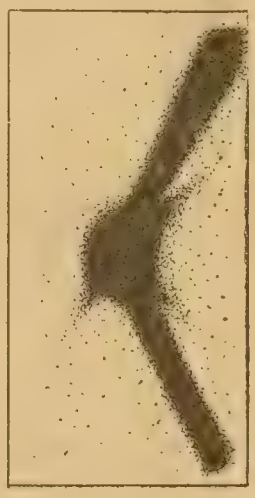


Fig. 4.

décharge admet un optimum correspondant à un certain degré de vide. Mais, sous la pression correspondante, les rayons positifs ne traversent le gaz qu'avec difficulté.

Il faudra donc que, dans le dispositif représenté par la figure 2, la pression à gauche de la cathode P soit plus élevée qu'à droite. Ce résultat s'obtient grâce à l'étroitesse du canal cathodique. On met en outre la partie droite de l'appareil en communication avec un récipient plongé dans de l'air liquide et contenant du charbon de bois. Le courant gazeux qui s'établit entre les deux parties de l'appareil est si faible qu'il est constamment absorbé par le charbon. Il en résulte que la pression dans les deux compartiments peut être notablement différente.

La figure 3 est relative à l'atome de mercure. Ce cliché a été obtenu en réglant la pression comme nous venons de l'indiquer. La figure 4 reproduit le phénomène correspondant à l'égalité de la pression des deux côtés de la cathode, toutes choses égales d'ailleurs. Sir J. J. Thomson explique cette différence d'aspect par la présence, dans le deuxième cas, de lignes secondaires dues à des particules ayant perdu ou gagné des charges. Ces variations de charge peuvent être mises

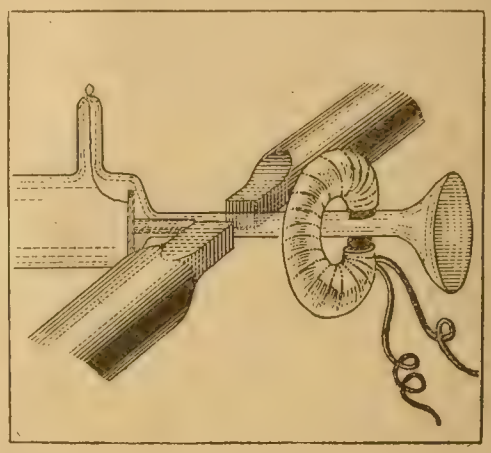


Fig. 5. — *Production de deux champs magnétiques rectangulaires sur le trajet des rayons positifs.*

en évidence en faisant passer le faisceau positif à travers deux champs magnétiques rectangulaires, suivant le dispositif donné par la figure 5.

Dans ces conditions, on obtient sur la plaque (fig. 6) un certain nombre de taches trahissant

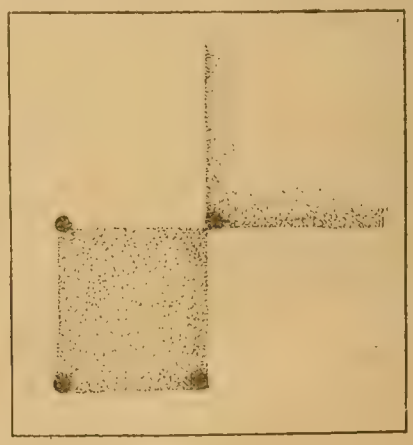


Fig. 6.

les éventualités qui ont pu se produire. D'après Sir J. J. Thomson, ce sont les lignes secondaires qui, se superposant aux paraboles normales, modifient l'aspect du cliché.

Ainsi, dans le dispositif que nous avons indiqué, la plaque photographique étant perpendiculaire au pinceau de rayons non déviés et la pression étant convenablement réglée à l'intérieur de l'appareil, les courbes relatives aux différentes espèces de rayons positifs sont des

paraboles. L'énergie se rapportant à une même sorte de particules est répartie sur une grande longueur, ce qui ne laisse pas d'être gênant.

Aston a imaginé dernièrement un dispositif à l'aide duquel toutes les particules de même espèce, quelle que soit leur vitesse, viennent frapper la plaque en un même point. Le schéma de ce dispositif est indiqué par la figure 7.

Supposons, pour simplifier, qu'il ne s'agisse que d'un seul genre de rayons. En E, un champ

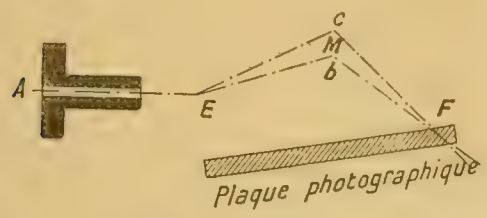


Fig. 7. — *Dispositif dans lequel toutes les particules de même espèce frappent la plaque en un même point.*

électrique imprime au faisceau une certaine déviation, les particules les plus rapides sont moins déviées que les plus lentes. Les premières viendront par exemple en *b*, les secondes en *c*. Appliquons maintenant en M un champ magnétique, de telle sorte que la déviation qui lui est due se fasse dans le plan *c*E*b*. Les particules de

Fig. 8. — *Cliché obtenu avec le dispositif de la figure 7.*

différentes vitesses se concentrent ainsi toutes en un même foyer F. S'il y a des particules de nature différente, le lieu des points F sera approximativement une droite. La figure 8 reproduit un cliché obtenu avec cette méthode. Les contours sont moins nets qu'avec la méthode précédente, mais lorsque les séparations sont suffisantes, on obtient des résultats satisfaisants.

Ce procédé a permis à Aston de montrer que le néon doit être considéré comme un mélange de deux constituants, ayant respectivement pour poids atomiques 20 et 22.

A côté des méthodes photographiques, Sir J. J. Thomson nous fait encore connaître un certain nombre de procédés intéressants.

Les photographies ne nous donnent aucun renseignement sur le nombre des particules qui produisent les paraboles. L'hydrogène, à titre d'impureté, révèle toujours sa présence. L'éminent physicien anglais remplace la plaque photographique par une mince feuille de métal dans laquelle on a tracé à la scie une fente parabolique, reproduisant exactement l'une des courbes.

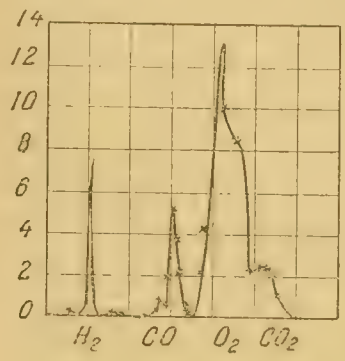


Fig. 9.

En réglant convenablement le champ magnétique, une parabole quelconque peut être amenée à coïncider avec la fente. Il reste à recevoir dans un cylindre de Faraday les particules ayant traversé la fente. La quantité d'électricité recueillie de la sorte en un temps donné est proportionnelle au nombre de particules.

Les figures 9, 10 et 11 représentent graphiquement les résultats d'expériences. La figure 9 est

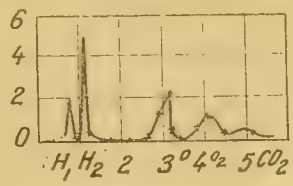


Fig. 10.

relative à un mélange de 1 partie d'hydrogène et de 2 parties d'oxygène, la figure 10 à un mélange de 2 parties d'hydrogène et de 1 partie d'oxygène, enfin la figure 11 est relative au gaz phosgène $COCl^2$.

Cette méthode est moins sensible que la méthode photographique, mais n'exige pas que les rayons possèdent une aussi grande quantité d'énergie. Or, dans le cas d'une combinaison chimique, une haute tension n'est pas nécessaire pour que la décharge passe, la combinaison donnant naissance à des ions. La méthode précédente a le grand avantage de permettre d'aborder le problème des combinaisons gazeuses, en dépit

des phénomènes parasites de la décharge. Il est possible ainsi d'avoir des données sur les substances intermédiaires formées pendant les réactions, substances au sujet desquelles, jusqu'à présent, les chimistes étaient réduits aux hypothèses.

Cette méthode ne s'applique toutefois qu'aux substances gazeuses. Dans le cas de substances non volatiles à la température ordinaire, on

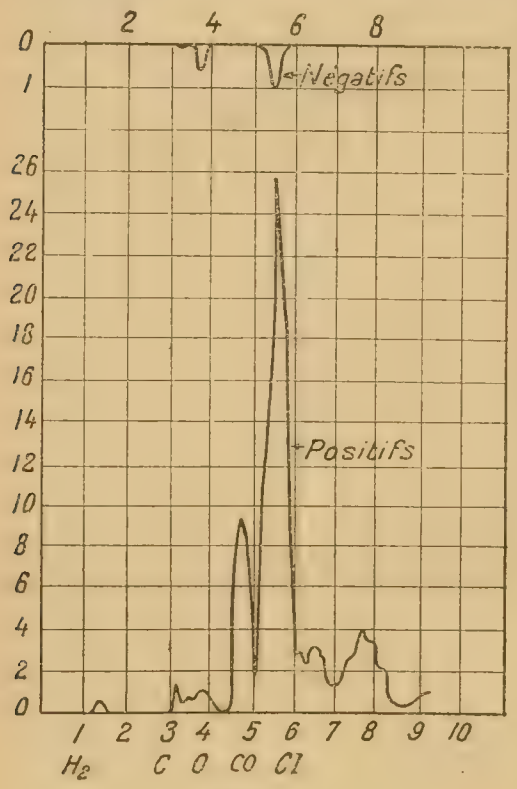


Fig. 11.

s'adressera aux rayons anodiques. Pour examiner, par exemple, les atomes des métaux alcalins, l'anode sera recouverte d'un sel alcalin, la cathode étant constituée par un anneau surmontant l'anode. S'il est nécessaire de chauffer la substance étudiée, le procédé de Coolidge (cathode de tungstène portée au rouge) permet d'opérer avec un tube de quartz de dimensions réduites et placé à l'intérieur d'un four.

III

Passons à l'interprétation des clichés.

Supposons, par exemple, que la décharge ait été produite dans une atmosphère d'oxygène pur (fig. 12). La ligne la plus brillante que l'on peut remarquer à la partie supérieure de la figure est due à l'atome d'oxygène de masse 16 et la ligne immédiatement au-dessous à la molécule d'oxygène de masse 32.

Nous pouvons remarquer que la ligne relative à l'atome est prolongée par une pointe. La perpendiculaire (à l'axe de la parabole) passant par la tache centrale est deux fois moins éloignée de l'extrémité de cette pointe que de l'extrémité de la ligne relative à la molécule. D'autre part, nous avons en B une ligne peu visible sur la figure, correspondant à une masse apparente 8, et qui est relative à un atome d'oxygène portant 2 charges.

Cette figure nous montre l'existence d'un critère permettant de décider si une courbe est relative à un atome ou à une molécule. En effet, dans la grande majorité des cas, les expérimentateurs n'ont jamais trouvé de pointes que lorsqu'il s'agissait d'atomes. Ce n'est, de même, que dans le cas des atomes, que l'on a pu admettre l'existence de charges doubles. Il faut pourtant signaler que, sur un petit nombre de clichés, on a pu observer une ligne prolongée par une pointe, ligne correspondant à une particule de poids apparent 28 et attribuable, soit à une molécule d'azote, soit à une molécule d'oxyde de carbone. Mais c'est le seul exemple, connu jusqu'à présent, de molécule susceptible de pouvoir acquérir double charge.

Fig. 12. — *Cliché obtenu avec l'oxygène pur.*

En général, quand la décharge passe dans un gaz composé; le cliché qu'on obtient est très complexe; la molécule est complètement disloquée et il se forme un très grand nombre de corps dont la plupart sont encore inconnus des chimistes (voir à ce sujet la figure 13 relative au chloroforme). Les clichés sont interprétés au moyen des critères précédemment admis. Ce sont ces mêmes critères qui ont permis à Aston de formuler des conclusions nouvelles au sujet du poids atomique du chlore. Les chimistes ont, avec une grande approximation, fixé à 35,5 le poids atomique de cet élément. Or Aston ne trouve aucune ligne relative à 35,5. Mais il trouve une ligne correspondant à 35, une autre à 37, une autre à 39, et des lignes plus faibles correspondant à 17,5, 18,5 et peut-être 19,5, cette dernière étant douteuse. Il en conclut que ce que nous appelons habituellement chlore est en réalité un mélange de deux et peut-être de trois isotopes. D'autres lignes correspondent à des corps dont la masse atomique apparente n'est pas deux fois celle de corps dont la présence se révèle par d'autres lignes. Aston en conclut qu'elles se rapportent à des hydrures de chlore.

Les conclusions d'Aston sont de la plus grande importance au point de vue chimique. En effet, en adoptant la valeur 16 pour poids atomique de l'oxygène, convention généralement admise, Aston trouve la valeur 1,008 pour l'hydrogène et, en accord avec l'hypothèse de Prout, des nombres entiers pour tous les autres éléments.

L'hypothèse des particules doublement chargées a été contrôlée par Stark au moyen de l'analyse spectrale habituelle. Par effet Döppler, aux particules doublement chargées, c'est-à-dire aux plus rapides, doit correspondre le déplacement

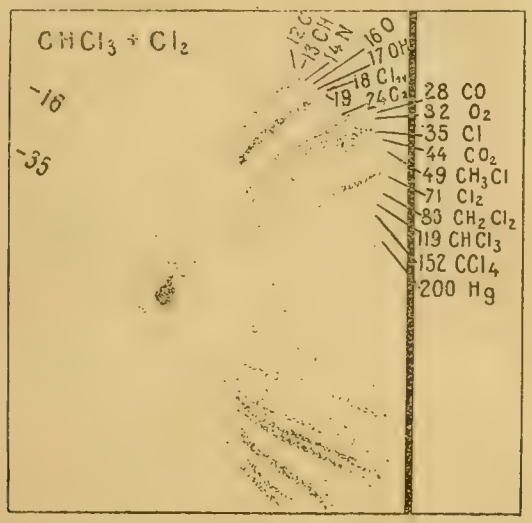


Fig. 13. — *Cliché obtenu avec un mélange de chloroforme et de chlore.*

maximum des raies. Stark a établi, en effet, qu'il existe des séries « étroites », dues à des atomes portant double charge, et des séries « diffuses », dues à des atomes simplement chargés.

Sir J. J. Thomson explique les variations d'intensité qu'on peut observer sur une même ligne en admettant que la molécule peut se briser lorsqu'elle se trouve à l'intérieur du tube ou même ultérieurement.

Si, en arrière de la position normale d'une ligne, il y a d'autres lignes, celles-ci peuvent être dues à des atomes provenant de la dislocation d'un composé. Les expérimentateurs ont observé de cette façon que, contrairement à l'opinion généralement adoptée, deux atomes d'hélium peuvent former une molécule double.

Certaines plaques montrent des paraboles dont la concavité est en sens inverse de celle des autres. Sir J. J. Thomson en conclut à l'existence de particules négativement chargées. On peut supposer que les particules ont acquis des charges négatives par collision avec les molécules du gaz présent, après leur passage à travers la cathode. Les atomes paraissent acquérir des charges négatives plus facilement que les molécules. En général, les paraboles négatives correspondent à des particules électronégatives, mais elles peuvent aussi être dues à des particules électropositives, telles que l'atome d'hydrogène.

Les lignes obtenues sur les clichés peuvent être de longueur extrêmement variable. Une ligne réduite à un point correspond à des particules qui sont toutes animées de la même vitesse. Une ligne d'une certaine étendue correspond à des particules animées de vitesses différentes. La longueur d'une ligne renseigne donc sur la région du tube où les particules prennent naissance. Par exemple, dans le cas d'une ligne réduite à un point, les particules prennent naissance en arrière de la lueur négative. Elles possèdent le maximum d'énergie, puisque, dans un tube, la différence de potentiel se produit presque tout entière entre la lueur négative et la cathode.

IV

Les propriétés des rayons positifs laissent encore un champ très vaste à explorer.

Goldsmith a fait des expériences sur le pouvoir pénétrant des rayons positifs au travers de feuilles d'or. Les paraboles sont largement séparées, ce qui lui a permis de déterminer le pouvoir pénétrant de chaque espèce de particule. Il serait possible de déterminer ainsi comment varie le pouvoir pénétrant de chaque espèce de particule avec son poids spécifique.

Le Prof. Thomson estime qu'il serait également possible et intéressant d'étudier le phénomène de la pulvérisation cathodique. Ce phénomène, qui est d'ailleurs une cause de gêne dans les expériences, est attribué par cet auteur à l'impact de l'afflux positif. Il serait ainsi possible de comparer l'énergie transportée par un rayon positif à celle qui est requise pour libérer, à l'état d'ion, une molécule d'un métal. Si on calcule cette dernière à partir de la chaleur de vaporisation, on trouve qu'une fraction de volt serait suffisante pour le transport d'une molécule, tandis qu'en réalité on n'observe aucune pulvérisation pour moins de 500 volts. Le savant anglais émet l'opinion que, sur la surface frappée, les atomes sont si intimement liés que chacun individuellement ne reçoit pas toute l'énergie de l'impact. Ces résultats se rapprocheraient de ceux que le Prof. Worthington a obtenus relativement à la chute des gouttes d'eau. On sait que, dans les tubes, on emploie en général des électrodes d'aluminium, métal qui moins que tout autre subit la pulvérisation cathodique, sauf dans le cas où le gaz du tube est de l'argon.

D'après Stark, non seulement les métaux, mais encore le mica, le quartz et presque toutes les substances, peuvent être désintégrées par les rayons positifs.

Sir J. J. Thomson a examiné, par la méthode des rayons positifs, les dégagements gazeux d'un grand nombre de minéraux. Il chauffait ces minéraux au moyen d'un four d'un type spécial consistant en un tube à décharge dont la cathode concave permettait aux rayons cathodiques de se concentrer en un foyer. A ce foyer, on plaçait une anticathode sur laquelle on disposait la matière à expérimenter (fig. 14). Les gaz étaient ensuite recueillis sur du mercure, en *a*, et pouvaient être dirigés dans l'appareil à rayons positifs par un tube capillaire (fig. 15). De cette façon, on pouvait maintenir dans cet appareil un vide assez élevé, ce qui, ainsi qu'on l'a vu plus haut, est tout à fait indispensable. On observe que les minéraux ainsi chauffés dégagent une grande quantité de gaz occlus.

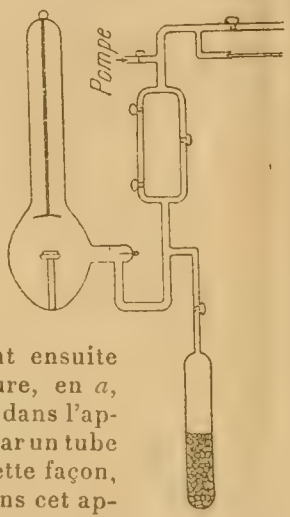


Fig. 14. — *Appareil pour l'étude des gaz dégagés par les minéraux chauffés.*

En général, ce sont des gaz connus, hydrogène, oxyde de carbone, acide carbonique. Mais

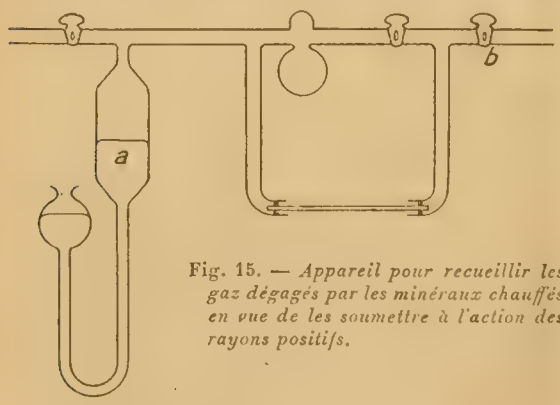


Fig. 15. — *Appareil pour recueillir les gaz dégagés par les minéraux chauffés en vue de les soumettre à l'action des rayons positifs.*

on trouve en outre, quelle que soit la substance bombardée, une ligne correspondant à un poids atomique de valeur 3.

Par exemple, sur la figure 16 relative au bombardement de l'iodure de potassium, on voit, en descendant, d'abord la ligne relative à l'atome d'hydrogène, puis celle relative à la molécule d'hydrogène marquée 2, puis la ligne 3, puis un grand nombre d'autres lignes correspondant à des substances diverses.

La ligne 3 peut être due à une molécule formée de trois atomes d'hydrogène portant une simple charge. Les expérimentateurs, insuffisamment renseignés sur la composition des minéraux, ont, pour trancher la question, fait passer la décharge dans des gaz contenant des éléments trivalents. Ils présumaient une certaine connexité entre cette trivalence et la formation de molécules composées de trois atomes d'hydrogène. La figure 17 est relative au passage de la décharge dans l'iodure

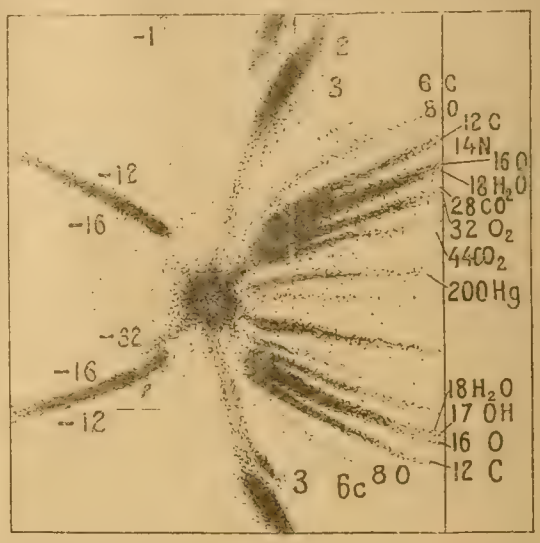


Fig. 16. — *Cliché obtenu par le bombardement de l'iodure de potassium.*

de phosphonium. La ligne 3 y est assez nettement marquée. Quand on substitue l'ammoniaque à l'iodure de phosphonium, on a seulement des

Fig. 17. — *Cliché obtenu avec l'iodure de phosphonium.*

traces de la ligne 3. La ligne 3 se retrouvait dans tous les minéraux; elle persistait encore après mise en solution et recristallisation de la substance.

Sir J. J. Thomson signale que, tout dernièrement, il a trouvé une ligne correspondant au poids atomique 3,5 dans le bombardement d'une variété de fluorine non cristallisée. On voit sur la

figure 18, entre la deuxième ligne distincte, à partir du haut (molécule d'hydrogène), et la troisième (atome d'hélium), une ligne plus faible correspondant au poids atomique 3, et une autre ligne qui correspond précisément à la valeur 3,5 entre la ligne de l'hélium et celle du corps de poids atomique 3.

L'interprétation de ce nombre 3,5 soulève des difficultés. En effet, d'après les résultats d'Aston, il ne pourrait convenir à un élément, puisque, l'hydrogène étant mis à part, les nombres atomiques doivent être entiers. Aucune donnée certaine, d'autre part, ne permet de l'attribuer à une molécule. D'ailleurs, d'après l'intensité de la ligne correspondante, la substance 3,5 paraît toujours être présente en quantité très faible, impossible à déceler par d'autres méthodes, y compris la méthode spectrographique.

Fig. 18. — *Cliché obtenu avec une variété de fluorine non cristallisée.*

Sir J. J. Thomson émet, relativement à la ligne 3, l'hypothèse qu'elle provient de deux origines, étant donnés les aspects différents qu'elle peut prendre. Elle peut convenir à un composé formé de trois atomes d'hydrogène, ou encore à l'élément nouveau, le nébulium, observé par Fabry dans le spectre des nébuleuses. Fabry a trouvé précisément que le nombre 3 serait le poids atomique du nébulium. Il a déduit ce poids de la largeur des raies spectrales.

Sur les clichés, on trouve encore d'autres lignes correspondant à des éléments encore inconnus, de masses apparentes 1,6 et 2,4.

L'étude des rayons positifs conduit donc à une méthode d'analyse extrêmement précise pour déceler, soit les éléments, soit les combinaisons, et mesurer les poids atomiques et moléculaires. Cette méthode est particulièrement avantageuse en ce qu'elle n'exige pas la purification préalable de la substance examinée. On sait quelles difficultés rencontre, de ce point de vue, le chimiste dans la détermination d'un poids atomique par les procédés ordinaires. En effet, ici, la parabole à étudier n'est pas altérée par la présence d'impuretés, lesquelles ont leurs paraboles propres.

La présence d'isotopes ne peut pas non plus vicier les mesures pour la même raison. Alors que les études d'Aston relatives au poids atomique du chlore concluent à l'existence d'isotopes, les recherches relatives à l'azote, dont le poids atomique semblait anormal, permettent de le considérer comme un seul et même élément.

Tous les poids atomiques, à l'exception de celui de l'hydrogène, paraissent être des nombres entiers.

V

Le Prof. Sir J. J. Thomson termine la série de ses conférences devant la Royal Institution par un exposé de ses idées sur la constitution de la matière.

Il est amené à considérer la masse de l'électron comme diffusée dans le champ électrique tout autour d'un centre. Cette masse est proportionnelle au carré de la force électrique. Il en est de même de l'énergie potentielle. Il en résulte que l'énergie potentielle est égale à l'énergie cinétique que posséderait la masse si elle se mouvait avec la vitesse de la lumière. La distribution de cette masse est déterminée par celle des lignes de force du champ. Le passage d'une forme de l'énergie à une autre forme, de la forme cinétique à la forme potentielle par exemple, n'est que le passage, d'une partie de l'espace à une autre, d'une fraction de la masse avec son énergie cinétique.

On pourrait établir une théorie générale des phénomènes physiques de la manière suivante :

La masse se composant de particules identiques entre elles, extrêmement petites même par rapport aux électrons et animées de la vitesse de la lumière, ces particules ne sont soumises de la part du champ et des autres particules qu'à des forces normales à leur direction. Leur énergie demeure donc constante et leur distribution dépend des lignes de force électrique. Par unité de volume, la masse des particules a pour expression :

$$\frac{1}{8R}\left[\left(f+\frac{hv}{c}-\frac{gw}{c}\right)^2+\left(g+\frac{fw}{c}-\frac{hu}{c}\right)^2+\left(h+\frac{gu}{c}-\frac{fv}{c}\right)^2\right],$$

en appelant f, g, h les composantes des lignes de force, u, v, w les composantes des vitesses de ces lignes, et c la vitesse de la lumière.

En partant de ces hypothèses, on retrouve les équations ordinaires de la Physique.

Dans le champ électrique, les particules tourneraient autour des lignes de force. Ces lignes de force pourraient avoir leurs extrémités fixées, allant par exemple d'un corps électrisé à un autre. Dans tout autre cas, les lignes de force devraient être des courbes fermées, entraînées par les particules avec la vitesse de la lumière.

Tel est, d'après l'éminent physicien anglais, le mécanisme d'une radiation, qui consiste en une « substance productrice de masse » voyageant avec la vitesse de la lumière et transportant avec elles des lignes de force électrique. La « substance » est le véhicule de la radiation qui, pour s'exprimer dans le langage des théories anciennes, transporte son éther avec elle.

S. Veil.

BIBLIOGRAPHIE
ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Masméjean (A.), *officier mécanicien de la Marine*, et **Béréhare** (E.), *ancien mécanicien de la Marine*. — **Les moteurs à explosion dans l'aviation.** *Tome* II. *Préface de M.* R. Besnard, *ancien sous-secrétaire d'Etat à l'Aéronautique.* — 1 *vol. in*-12°, *de* VI-322 *pages, avec* 113 *figures et* 8 *planches hors texte* (*Prix* : 18 *fr.* 75). *Dunod, éditeur, Paris*, 1920.

M. Besnard a pensé que la meilleure façon de présenter ce livre était de faire connaître la valeur de ceux qui l'ont écrit, et il en dit ce qui suit : « Les deux auteurs ont eu en mains, pendant la plus grande partie de la guerre, les séries des moteurs d'aviation; dans leur service de réparation de l'aviation, ils se sont appliqués avec une ardeur et une intelligence remarquables à les connaître dans tous leurs détails, afin de hâter leur remise en état à une époque où la production insuffisante des moteurs risquait de nous faire perdre la maîtrise de l'air. »

Après avoir rendu cet hommage à ses collaborateurs, l'ancien sous-secrétaire d'Etat à l'Aéronautique fait remarquer que leur éducation technique de mécanicien de la Marine leur a permis de tirer, de leur séjour dans les Services de l'aviation militaire, des enseignements pratiques dont les industriels, les pilotes aviateurs et les mécaniciens pourront utilement profiter, et qui les guideront dans le perfectionnement comme dans le meilleur emploi des moteurs d'aviation. Ce peu de mots caractérise l'œuvre de MM. Masmejean et Béréhare, qui sera lue avec intérêt et étudiée avec profit par tous ceux qui s'occupent des propulseurs des avions.

Dans leur premier volume, les auteurs avaient passé en revue les éléments constitutifs des moteurs à explosion légers, et il ne leur restait qu'à ajouter quelques considérations sur leurs embiellages et leurs mécanismes de distribution, ce qui remplit les premiers chapitres de ce livre. Ils abordent ensuite l'examen des moteurs rotatifs les plus employés à l'heure actuelle.

Une théorie générale de ces moteurs précède la partie purement technologique : elle leur permet de mettre en valeur leurs principaux éléments cinématiques et dynamiques.

Ils décrivent ensuite les moteurs Gnome, Rhône et Clerget-Blin et les étudient dans tous leurs détails. Ces monographies sont établies avec une méthode et une précision qui ne laissent rien à désirer : la rare compétence des écrivains se manifeste, dans l'abondance de la documentation, par un choix judicieux des choses qu'il est utile de dire et des éléments qu'il importe de mettre en lumière.

De nombreuses figures très nettes illustrent le texte : elles font voir les organes, alors que 8 planches donnent les ensembles.

Un nouveau volume sera consacré aux moteurs fixes, plus aptes à développer les grandes puissances; il sera accueilli avec faveur par les techniciens de l'aviation, mis en goût par les deux premiers volumes.

Aimé Witz,
Correspondant de l'Institut.

Roussilhe (H.), *Ingénieur hydrographe principal de la Marine.* — **Applications de la photographie aérienne aux levés topographiques de précision. Appareil de photorestitution.** — 1 *broch. in*-8° *de* 96 *p. avec* 34 *fig. et pl.* (*Extrait des* Annales hydrographiques, 1917). *Imprimerie Nationale, Paris*, 1919.

La *Revue générale des Sciences*, dans son n° du 30 mai dernier, a exposé dans un article, qui nous dispense d'insister, ce qu'est la méthode métrophotographique de M. H. Roussilhe, chargé aujourd'hui de l'appliquer à la réfection cadastrale des régions dévastées.

Nous profitons seulement de l'occasion qui nous est offerte par la publication par l'Imprimerie Nationale des travaux de M. H. Roussilhe, parus dès 1917 dans les *Annales hydrographiques*, pour signaler qu'en France il a fallu que passât la guerre, grâce aux nécessités qu'elle a fait naître, pour que l'on comprît généralement enfin tout l'intérêt que présente la photographie appli- aux levés topographiques.

Ce n'est cependant pas des lecteurs de cette *Revue*, toujours à l'avant-garde du progrès, que cette question restait ignorée. Ils n'ont certes pas, en effet, oublié le remarquable article qui a paru ici même (n° du 30 mars 1914) sur la Stéréo-autogrammétrie, sous la signature de M. P. Corbin.

Qu'ils relisent donc le dernier paragraphe, *L'Avenir*, de cette magistrale étude.

Ils se demanderont alors comment il se fait que tant d'efforts aient été produits, tant d'études entreprises par tant de distingués chercheurs pour l'utilisation du simple cliché photographique, utilisation qui conduit à de si laborieux procédés, et que la solution d'avenir, celle de l'emploi des clichés stéréoscopiques, n'ait attiré que si peu de personnes.

Mais M. le Lieutenant-Colonel G. Perrier, chef de la Section de Géodésie au Service Géographique de l'Armée, ne signale-t-il pas, lui aussi et à cette même place, dans sa critique bibliographique de l'ouvrage de L. P. Clerc : « Application de la photographie aérienne » de l'*Encyclopédie scientifique*, que l'auteur ne donne aucune indication, même sommaire, sur la stéréophotogrammétrie aérienne. Il ajoute, il est vrai, que cette méthode s'est jusqu'ici heurtée à des difficultés que ne rencontre pas la stétéréophotogrammétrie terrestre. Est-ce une raison pour l'abandonner, puisque d'elle doit dépendre certainement la solution précise, rapide, économique du problème?

Des essais intéressants ont été cependant tentés; souhaitons donc, comme M. G. Perrier, que cette voie ne soit pas abandonnée.

L. Potin.

2° Sciences physiques

Turpain (Albert), *Professeur à la Faculté des Sciences de Poitiers, Chargé du Cours d'Electricité industrielle fondé à la Faculté des Sciences par le Conseil de l'Université de Poitiers.* — **Mesures électrotechniques.** — 1 *vol. in*-8° *de* 183 *pages avec* 105 *figures* (*Prix* : 20 *fr.*). *Dunod, éditeur, Paris*, 1920.

Cet ouvrage est empreint de l'expérience que quinze années d'enseignement à la Faculté des Sciences de Poitiers ont permis à son auteur d'acquérir.

M. Turpain ne prétend pas décrire des mesures nouvelles ; il entend illustrer par des exemples classiques une méthode de travail expérimental, qu'il expose en quelques pages dans sa remarquable préface. Nous croyons avec lui que « l'ordre et le soin apportés aux moindres opérations du laboratoire sont les qualités maîtresses de l'expérimentateur ». Dans la science électrique, lorsque l'on veut passer du principe théorique à la mise en œuvre d'une méthode de mesure, il y a un travail concret à exécuter, travail qu'il y a intérêt à condenser sous forme de tableau récapitulatif et auquel l'auteur donne le nom de « registre d'expérience ». Conçu dans sa forme la plus large, ce résumé doit indiquer les conditions dans lesquelles on doit opérer, les nombres obtenus expérimentalement et les résultats que l'on se propose de déterminer : il traduit sous forme de chiffres la base même de la méthode, et libère l'attention de l'expérimentateur qui peut se consacrer

entièrement à l'observation des phénomènes étudiés. Conforme au principe de la division du travail, cette préparation, utile pour les mesures de laboratoire, est, à notre avis, indispensable lorsqu'il s'agit d'essais de machines.

Nous regretterions peut-être la modestie du titre adopté, si l'auteur avait tenté de guider l'expérimentateur dans l'interprétation des résultats : c'est sans doute le point le plus intéressant, mais aussi le plus délicat des mesures électrotechniques, car il exige, en dehors de connaissances théoriques solides, de profondes qualités de jugement et de réflexion.

Quoi qu'il en soit, tous les expérimentateurs méditeront avec fruit la préface de cet ouvrage, dans lequel les électriciens trouveront d'utiles conseils pratiques, la description de dispositifs originaux, et surtout l'application aux mesures usuelles d'une méthode de travail profitable.

A. Lange,
Chef de travaux à l'Ecole supérieure d'Electricité.

Doelter (C.), *Directeur de l'Institut de Minéralogie de l'Université de Vienne.* — **Handbuch der Mineralchemie** (Traité de chimie minéralogique). *Tome* II, *fasc.* 5, *p.* 641-848, *fig.* 36-37, *pl.* 2 *et* 3 (*Prix* : 11 *fr.* 75). *Tome III*, 1re *partie*, *fasc.* 1 *à* 6, 1 *vol. in-8° de* XXII-965 *p. avec* 17 *fig.* (*Prix* : 58 *fr.*). *Tome* III, 2e *partie*, *fasc.* 7, *p.* 1-160, *fig.* 1-28 (*Prix* : 12 *fr.* 50). *Th. Steinkopf*, *éditeur*, *Dresde*, 1914-1919.

Le fascicule 5, qui clôt le Tome II de ce Traité [1], renferme la fin de l'étude des silicates : silicates de manganèse, de fer, de nickel, de cuivre, de zinc et de plomb.

La première partie du tome III est consacrée d'abord à l'étude des minéraux formés par un certain nombre d'éléments rares, qui se rencontrent généralement à l'état d'oxydes, comme Ti, Zr, Sn; Th, Nb, Ta, lesquels peuvent se combiner avec des bases, pour former des titanates, zirconates, niobates, tantalates. Dans cette partie, il faut signaler deux chapitres importants sur les méthodes analytiques pour la détermination et la séparation des terres rares, par M. K. Peters, et sur l'importance de la radioactivité pour la minéralogie, par M. A. Meyer.

Le reste du volume renferme la description de l'arsenic, de l'antimoine et du bismuth natifs et de leurs oxydes, puis des nitrates, phosphates, arséniates, antimoniates et vanadates naturels. Donnons, comme exemple, le chapitre sur l'apatite, qui ne renferme pas moins de 30 pages de description et près de 200 renvois bibliographiques, ceux sur la pyromorphite, la monazite, etc. Dans cette partie ont été intercalés des chapitres intéressants sur les phosphates des scories Thomas, sur l'extraction et l'emploi des terres rares.

Enfin cette première partie du tome III se termine par une remarquable monographie de l'eau, divisée en 2 parties : eau pure, dont toutes les propriétés physiques et chimiques sous les trois états sont exposées, et eau naturelle avec une étude des eaux courantes, des principaux types d'eaux minérales et de l'eau de mer.

Le premier fascicule de la deuxième partie du tome III poursuit l'étude des éléments de la première série verticale du système périodique, Li, Na, K, Rb, Cu et Ag, et de leurs combinaisons. A signaler tout spécialement les deux chapitres consacrés à l'étude du cuivre et de l'argent métallique, où toutes les propriétés de ces éléments sont soigneusement passées en revue, ainsi que leur préparation, la genèse de leurs gisements, etc.

Cette publication reste à la hauteur des fascicules précédents par la richesse de la documentation.

L. B.

1. Voir, pour l'analyse des fascicules précédents, la *Revue* des 30 décembre 1911, t. XXII, p. 972, et 15 décembre 1913, t. XXIV, p. 902.

3° Sciences naturelles

Recueil des Travaux botaniques néerlandais, vol. XVI. — 1 *vol. in-8° de* 333 *pages, avec planches et figures dans le texte* (*Prix* : 20 *fr.*). *De Waal, éditeur, Groningue*, 1919.

P. J. Lohr : *Recherches sur l'anatomie foliaire des plantes alpines, comparées aux plantes de plaine.* — Le travail se rattache aux recherches de Leist, de Gaston Bonnier et de Wagner, recherches dont les résultats, pour ce qui concerne l'influence du climat alpin sur la structure des plantes, offrent certaines divergences. L'auteur a comparé les plantes croissant à Adelboden (Oberland bernois : altitude, 1.350 mètres, ou dans le Jardin alpin de Muottas Muraigl (Haute Engadine : 2.450 mètres) aux plantes cultivées au Jardin botanique de Bâle.

La conclusion générale du mémoire, c'est que l'influence de l'altitude en elle-même est secondaire. Il n'y a pas de structure foliaire caractérisant les plantes alpines, parce que les circonstances locales, aussi variées en montagne qu'en plaine, impriment bien plus profondément leur cachet sur l'anatomie de la feuille que ne peut le faire la différence générale des conditions climatériques. Que les stations soient exposées au soleil ou se trouvent à l'ombre, que le sol soit sec ou humide, voilà ce qui modifie avant tout la structure. Tout au plus peut-on constater, d'une manière générale, que l'épaisseur de la feuille et surtout l'épaisseur de la cuticule augmentent avec l'altitude, tandis que les méats intercellulaires deviennent plus étroits ; ces modifications s'expliquent par la radiation solaire plus intense. Mais il faut bien se rendre compte que la structure plus dense du tissu foliaire, caractéristique à toutes les altitudes pour les plantes des stations ensoleillées, n'est pas un effet direct de la lumière. Elle est due à la température plus élevée du sol, et à la moindre humidité de l'air.

Mlle Eva de Vries : *Recherches sur la fructification et la production des graines après croisements entre espèces du genre Primula.* — L'auteur a repris, avec toutes les précautions que l'expérience a fait reconnaître indispensables dans ce genre de recherches, l'étude des croisements entre plantes hétérostyles, et de leur effet sur la fructification. C'est le cas, classique pour ainsi dire, des primevères qui a été choisi; mais seules des espèces croissant à l'état sauvage ont été employées, tandis que les travaux de Darwin et de Scott ont été faits en grande partie au moyen de formes cultivées, fréquemment hybrides. De plus, les individus ont été récoltés dans des stations suffisamment isolées pour en garantir la pureté spécifique.

La fécondation, dans les limites d'une même espèce, a donné des résultats analogues à ceux obtenus par les anciens expérimentateurs, c'est-à-dire tout à l'avantage de la fécondation dite légitime. Peu importe que, pour accomplir cette dernière, on féconde une fleur longistyle par le pollen d'une fleur brévistyle ou l'inverse; la proportion des fruits mûrs comme les propriétés des semences obtenues sont les mêmes dans les deux cas. Quant à la fécondation illégitime, les effets en diffèrent plus ou moins, non seulement suivant les espèces, mais aussi d'après le mode de pollinisation. La fécondation illégitime du *P. auricula* n'a pas donné du tout de fruits; dans le cas du *P. acaulis*, les fleurs étant fécondées par leur propre pollen, voici ce qu'on a constaté. La forme longistyle donna dans un quart environ des opérations des fruits sains ; la forme brévistyle n'en fournit qu'une proportion très restreinte. Les graines obtenues sont moins nombreuses par fruit, mais elles sont tout aussi grosses que celles issues des fécondations légitimes. Chez le *P. elatior*, les deux formes fructifièrent, mais beaucoup moins abondamment qu'après fécondation croisée.

Le résultat des croisements offre assez de variété. Le croisement par fécondation légitime des *P. acaulis* et

P. Sibthorpii est tout aussi fertile que la fécondation légitime d'une plante par une autre de la même espèce; les hybrides obtenus sont eux-mêmes capables de se féconder les uns les autres; ils se laissent aussi croiser avec leurs parents. Au contraire, les croisements légitimes entre *P. acaulis* et *P. elatior* réussissent moins bien, quoique encore beaucoup mieux que les fécondations spécifiques illégitimes. Mais il y a des différences intéressantes suivant l'espèce dont on prend le pollen. Les fruits du *P. acaulis*, pollinisé par le *P. elatior*, sont plus rares, peu volumineux, et renferment des graines de très petite dimension. Dans le cas réciproque, le *P. elatior* fait d'abord l'impression de fructifier normalement. Mais la plupart des fruits ne contiennent que des graines avortées. Les quelques bonnes graines venues à maturité sont d'un volume supérieur aux semences normales du *P. elatior*.

Tels sont quelques-uns des faits résultant de ces expériences, qui en ont mis au jour beaucoup d'autres du même genre. Pour en citer encore un, spécialement digne de remarque : les croisements illégitimes entre espèces différentes n'ont jamais fourni que peu ou point de fruits.

C. A. Pekelharing : *Quelques remarques sur les enzymes.* — Exposition succincte et très claire de ce que l'on peut considérer comme acquis touchant l'action et la nature des enzymes. L'auteur se prononce, en particulier, pour la nature protéinique, non pas de toutes les enzymes, mais de certaines d'entre elles, comme la pepsine; il expose, de même, les raisons qui lui font considérer la thrombine, ou ferment coagulant du sérum sanguin, comme une combinaison d'une nucléoprotéide avec le calcium.

J. P. van der Marel : *La perméabilité sélective du tégument séminal.* — A. J. Brown et d'autres auteurs ont montré que le tégument séminal de certaines Graminées, comme, du reste, celui de quelques autres espèces végétales, tout en étant très perméable à l'eau, s'oppose au passage de beaucoup de substances dissoutes. Cette semi-perméabilité, jusqu'ici établie en faisant usage de réactions chimiques, l'auteur la démontre par une méthode de nature biologique. Choisissant comme objet d'étude les graines de courge, il fait voir que ces graines, si elles sont intactes, germent normalement après un séjour prolongé dans des solutions diverses, qui tuent, au contraire, les embryons débarrassés au préalable de leurs enveloppes.

Le même procédé lui permet de rechercher la nature des substances pour lesquelles le tégument de la courge se montre imperméable. Ce sont la plupart des acides, des alcalis, et des sels. Mais on constate des exceptions; et l'on ne saurait encore établir de règle suivant laquelle, et moins encore expliquer pourquoi, tel corps passe tandis que d'autres sont arrêtés.

Grâce aux dimensions relativement considérables des graines de Cucurbitacées, le siège exact de l'assise semi-perméable se laisse facilement déterminer. C'est une mince pellicule, assez profondément située, qui représente la cuticule de l'épiderme nucellaire, et ne fait donc pas en réalité partie du tégument séminal, mais y est immédiatement adjacente. Chimiquement, on peut conclure que cette membrane est formée de la cutine.

L'examen provisoire d'un certain nombre de graines de diverses familles a permis de reconnaître que la perméabilité sélective des enveloppes séminales n'est nullement rare dans le règne végétal, mais assez capricieusement répandue.

E. Gaumann : *Etude sur le développement embryonnaire de quelques Saxifragales.* — Le travail décrit le développement de l'albumen dans les genres *Heuchera*, *Chrysosplenium*, *Francoa* et *Philadelphus*. A signaler : l'apparition précoce de cloisons cellulaires, par laquelle ces formes se distinguent du genre *Saxifraga*, où l'on observe une multiplication des noyaux, suivie beaucoup plus tard d'un cloisonnement en cellules. A remarquer aussi la division de l'albumen en deux chambres, l'une apicale, l'autre basale, qui offrent un développement plus ou moins indépendant. Ed. V.

4° Sciences médicales

Rathery (F.), *Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.* — **La cure de Bouchardat et le traitement du diabète sucré.** — *1 vol. in-8° de 276 p.* (*Prix : 8 fr. 80*). *F. Alcan, éditeur, Paris*, 1920.

Le problème du métabolisme des sucres, dans l'organisme sain et malade, reste une question qui intéresse au plus haut point le biologiste et le médecin et, dans ce sens, le récent ouvrage de F. Rathery mérite de retenir l'attention.

Dès 1858, A. Bouchardat commençait à publier ses recherches sur le diabète et résumait l'ensemble de ses travaux en 1883 dans un ouvrage qui devait valoir à l'auteur une réputation scientifique des plus enviables et qui était intitulé : *De la Glycosurie ou Diabète sucré.* Il s'agissait là d'une étude à la fois clinique, pathogénique et thérapeutique. L'auteur y montrait des faits physiologiques d'importance capitale; il insistait sur ce point que la glycosurie provenait d'un excès de glycose dans le sang et attirait l'attention, avec Sandras, sur le rôle du pancréas dans la pathogénie du diabète; mais ce qui fait le fond de l'œuvre de A. Bouchardat, ce qui constitue l'élément essentiellement nouveau et qui subsiste *intégralement* aujourd'hui, c'est qu'il est possible, comme il l'écrivait lui-même, « de guérir une maladie incurable ».

On a dit que la cure de Bouchardat consistait en un régime exclusivement carné et gras, avec élimination absolue de tout féculent. Rien n'est plus faux. Après avoir envisagé l'utilité des albuminoïdes, des aliments gras et alcooliques, l'auteur fait remarquer : « C'est une suppression très grave que celle des féculents dans l'alimentation de l'homme »; il importe de déterminer le degré d'utilisation des féculents; ce principe d'utilisation des féculents domine la question du régime : « Quand vous utilisez les féculents, ne craignez pas d'en user; pour savoir si vous les utilisez, essayez chaque jour vos urines. » A l'égard des féculents, chaque glycosurique a son équation personnelle, son coefficient d'utilisation; il importe de le déterminer, de le régler et de le suivre dans ses variations.

Aux remarquables travaux de A. Bouchardat ont succédé les recherches de G. Bouchardat; comme son père, G. Bouchardat étudia la chimie des sucres et publia deux thèses aujourd'hui classiques sur les matières sucrées, l'une sur la dulcite et ses éthers (Thèse de Doctorat ès Sciences), l'autre sur la mannite et ses éthers (Thèse de Pharmacie), différents travaux que cet éminent chimiste devait exposer brillamment au Collège de France, alors qu'il remplaçait Berthelot, le Maître qu'il aimait tant.

Petit-fils et fils par alliance de A. Bouchardat et de G. Bouchardat, F. Rathery continue l'œuvre de ces deux savants dans ce problème si captivant et si complexe de la consommation des sucres; on connait ses travaux sur le métabolisme azoté dans le diabète, sur la valeur discutable de la pomme de terre dans le régime alimentaire des diabétiques, sur le métabolisme des corps créatiniques dans cette maladie, sur le seuil du glucose et sur le sucre protéidique chez les diabétiques... On a lu ses articles sur le diabète dans le *Livre du médecin* et dans le *Traité de médecine*.

L'ouvrage qui vient de paraître est le fruit de tous ces efforts que nous venons de citer. Après avoir envisagé la cure du diabète sucré de Bouchardat, M. F. Rathery étudie la mise en pratique de cette cure, puis le traitement des complications et enfin, dans un chapitre plein de conseils pratiques, l'auteur donne des renseignements d'ordre alimentaire concernant la cure du diabète.

L'œuvre des Bouchardat-Rathery est considérable; le médecin a beaucoup à apprendre dans la lecture de ces travaux. Dr Léon Binet.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 20 Septembre 1920

1° Sciences mathématiques. — M. **Al. Véronnet** : *Valeurs de l'aplatissement de la Terre obtenues par le calcul et par les mesures.* L'auteur a calculé ce que devenaient, en seconde approximation, les valeurs limites de l'aplatissement de la Terre, quelle que soit la loi des densités à l'intérieur; il trouve : $1/e = 297,12 \pm 0,38$, avec la valeur probable 297,19. En admettant la formule de Roche et la densité moyenne 5,5, on trouve que la densité moyenne superficielle serait égale à 2,23. On a alors pour la formule de la pesanteur à l'intérieur de la Terre : $g = 1,86\, g_1\, (1 - 0,473\, r^2) r$, avec un maximum égal à 1,04 à la profondeur de 0,16.

2° Sciences physiques. — M. **F. Vlès** : *Sur l'obtention directe du spectre de différence des bouillons-toxines.* L'auteur fait alterner devant le spectrophotomètre deux cuves identiques pleines l'une de toxine intacte, l'autre de toxine chauffée, à concentrations égales; on intercale deux séries de spectres avec même cuve remplie successivement des deux liquides. On obtient ainsi directement le spectre de la substance inconnue des bouillons-toxines tétaniques.

3° Sciences naturelles. — M. **H. Lecomte** : *Les canaux sécréteurs radiaux du bois.* L'auteur a reconnu qu'un système de canaux sécréteurs radiaux peut, chez un grand nombre de plantes, se superposer aux canaux sécréteurs longitudinaux et les compléter. Ces canaux radiaux s'observent chez les genres *Pinus*, *Picea* et *Larix*, chez certaines Anacardiacées; ils paraissent faire défaut chez les *Abies*, *Cedrus*, *Thuya* et autres Conifères, chez les Burséracées. — M. **H. Coupin** : *Sur la résistance des plantules à l'inanition.* La durée de la résistance à l'inanition, chez une série de plantules, a varié de deux mois (Pin pignon) à 15 jours (Luzerne de Provence). Les différences d'une espèce à l'autre tiennent, évidemment, à la nature même de son organisme, et surtout à l'abondance et à la nature de ses réserves. — M. **Ch. Lebailly** : *La prévention et le traitement de la fièvre aphteuse par le sérum ou le sang des animaux guéris.* L'auteur a employé le sang complet ou le sérum des animaux guéris de la fièvre aphteuse à la prévention et au traitement de cette maladie, dans 500 cas environ. L'immunité conférée est de durée très brève. Dans le traitement de la maladie déclarée, la condition essentielle pour obtenir un bon résultat est d'intervenir aussitôt que possible, avant ou au début de l'apparition des aphtes; on obtient alors une atténuation évidente des symptômes; aucun des animaux traités n'est mort.

Séance du 27 Septembre 1920

1° Sciences mathématiques. — M. **F. E. Fournier** : *Au sujet du déplacement apparent de quelques étoiles dans l'éclipse totale du Soleil du 29 mai 1919.* L'auteur indique que le rayon lumineux d'une étoile, en traversant l'étendue de l'atmosphère du Soleil, dont les gaz surchauffés se tassent sur leur contour extérieur, limite de leur refroidissement, doit y subir une déviation dans le sens de la diminution de leur densité, c'est-à-dire vers l'intérieur. — M. **V. Burson** : *Sur une protubérance à grandes vitesses radiales.* L'auteur a observé à Meudon une protubérance visible sur la photographie de la couche basse de l'atmosphère solaire, ce qui est un phénomène d'une très grande rareté. Les épreuves de vitesses radiales ont montré que cette protubérance était animée, pendant 1 h. au moins, de vitesses supérieures à 100 km. : sec. Elle se trouvait au même point qu'un groupe important de taches.

2° Sciences naturelles. — MM. **M. Lugeon** et **N. Oulianoff** : *Sur la géologie du massif de la Croix-de-fer.* Les auteurs montrent qu'en s'écrasant vers le nord le massif du Mont-Blanc a laissé éclater deux esquilles de schistes cristallins qui pénètrent, sans aucune règle, dans la série sédimentaire, phénomène semblable à celui du Lœtchenpass. — M. **J. Welsch** : *Position des fontaines sur la rive concave des rivières en terrains calcaires perméables.* L'auteur a constaté souvent la présence de fontaines, quelquefois importantes, du côté concave des rivières qui forment des méandres, au bas des escarpements, tandis qu'il n'y a pas de sources visibles dans la partie convexe. Ce phénomène est tout particulièrement caractéristique dans la vallée du Clin, aux environs de Poitiers. — M. **C. Sauvageau** : *Sur les Algues marines floridées indigènes pouvant fournir de la gélose.* L'auteur signale un certain nombre d'Algues floridées des côtes de France qui pourraient être utilisées avantageusement à l'extraction de la gélose, par chauffage à l'autoclave à 120°. Les unes, *Gracilaria*, *Ahnfeltia*, *Gelidium*, la livrent sans se déformer; les autres, *Chondrus*, *Gigartina*, *Gymnogongrus*, *Grateloupia*, *Hypnea*, *Rissoella*, se mettent en bouillie. La phycocolle des premières se colore par l'iode, la seconde non. — M. **R. Cerighelli** : *Sur les échanges gazeux de la racine avec l'atmosphère.* Les expériences de l'auteur, entreprises sur des racines en relation avec les parties aériennes de la plante et sur des racines préalablement détachées, lui ont donné les résultats suivants : 1° La respiration des racines s'établit comme celle des autres organes de la plante, placés en atmosphère confinée; il y a d'abord absorption d'O et dégagement de CO^2 en quantités telles que le rapport CO^2/O prend une valeur variant de 0,7 à 1 suivant les espèces. 2° Lorsque les racines sont au contact d'une atmosphère très humide, il y a augmentation de la respiration, mais avec transport de CO^2 vers les parties aériennes quand celles-ci n'ont pas été détachées. — MM. **Eug. Rousseaux** et **Sirot** : *Les matières azotées et l'acide phosphorique dans la maturation et la germination du blé.* Le blé arrive à la maturation normale et complète dans un état de stabilité qui, pour les matières azotées et les matières phosphatées, correspond à un certain rapport entre les matières solubles et insolubles. A des rapports différents correspondent une insuffisance de maturation ou une tendance à la germination, c'est-à-dire des états du grain ou de la farine plus ou moins défavorables à la panification. — MM. **A. J. Urbain** et **P. Marty** : *Influence du travail souterrain des taupes sur la flore des pâturages du Cantal.* Le travail souterrain des taupes dans les pâturages cantaliens soumis à la dépaissance seule (sans fauchage) a pour effet : 1° de drainer le sol; 2° de faire en de nombreux points, au niveau des taupinières, un véritable labour et un véritable sarclage, grâce à quoi les graines naturelles de la prairie, et celles apportées par le vent et les oiseaux, germeront facilement et pourront lutter efficacement avec la végétation indigène; 3° d'introduire ainsi dans la prairie des plantes nouvelles, souvent très fourragères (*Lotus corniculatus*, *Trifolium pratense*, *Holcus lanatus*, etc.).

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 24 Juin 1920 (fin)

M. **K. H. Kingdon** : *Phénomènes d'ionisation à faible voltage dans la vapeur de mercure.* En employant un champ magnétique, l'auteur a pu prouver expérimentalement que, lorsque les atomes de la vapeur de mercure sont bombardés par des électrons possédant des vitesses-volts supérieures à 4,9, les atomes peuvent être ionisés par ces collisions. Il montre, d'autre part, que la production d'ions dans la vapeur de mercure à un voltage aussi faible n'est pas aussi en contradiction avec

la théorie de Bohr qu'on le croirait au premier abord. Les expériences semblent, en effet, montrer que l'ionisation à bas voltage n'est pas due à des chocs successifs, mais que, peut-être, pour qu'une collision à 4,9 volts produise l'ionisation, la vitesse de l'électron incident doit avoir une orientation définie par rapport à l'orbite de l'électron qui doit être rejeté par l'atome. — M. **F. Horton** et Mlle **A. C. Davies** : *Effets des collisions d'électrons avec le néon atmosphérique.* Les auteurs ont étudié les vitesses critiques pour les électrons dans le néon par les mêmes méthodes qu'avec l'hélium et l'argon. Le néon diffère de ces derniers gaz en ce qu'il présente plus d'une vitesse critique, à la fois pour la radiation et pour l'ionisation ; ces vitesses critiques ont été mesurées dans des conditions qui excluent la possibilité que l'une quelconque d'entre elles soit due au déplacement ou à l'enlèvement d'un second électron de l'atome. Les valeurs critiques observées sont : une vitesse de radiation minimum de 11,8 volts, une vitesse d'ionisation minimum de 16,7 volts, une seconde vitesse de radiation de 17,8 volts, une seconde vitesse d'ionisation de 20,0 volts, une troisième vitesse d'ionisation de 22,8 volts. L'expérience amène à conclure que la vitesse de radiation de 11,8 volts est associée à la vitesse d'ionisation de 16,7 volts et que la vitesse de radiation de 17,8 volts est associée à la vitesse d'ionisation de 22,8 volts. Ces quatre vitesses critiques s'expliqueraient par la présence de deux espèces différentes d'atomes dans le gaz, soit deux éléments différents, soit deux isotopes dont les électrons entourant le noyau seraient disposés différemment. L'ionisation additionnelle à 20,0 volts, qui n'est pas aussi marquée que les autres effets, peut être associée à une vitesse de radiation presque identique à l'une de celles mentionnées, ou bien être due à un effet secondaire provenant d'atomes ayant une vitesse de radiation de 20,0 volts. — MM. **F. W. Aston** et **T. Kikuchi** : *Striations mouvantes dans le néon et l'hélium.* Quand on fait passer l'étincelle d'une bobine d'induction dans un tube à spectre contenant du néon, et qu'on observe la décharge au moyen d'un miroir tournant, on voit qu'elle consiste en striations brillantes se mouvant de l'anode vers la cathode; dans les premières observations, leur vitesse fut trouvée à peu près égale à celle du son dans le gaz. De nouvelles recherches montrent qu'il s'agit là d'un cas-limite d'un phénomène très complexe. La vitesse décroît quand la pression augmente, et elle dépend également du diamètre du tube. Les auteurs ont déterminé l'effet d'une variation de température, et ils montrent qu'à volume constant l'effet est bien plus grand que le coefficient de dilatation. A pression constante, l'effet dû à la température n'apparaît qu'aux hautes températures, où il est probablement dû à des impuretés libérées par le tube. L'hélium donne des phénomènes tout à fait analogues à ceux du néon. Aucune explication théorique satisfaisante n'a encore été trouvée par les auteurs. — M. **S. Barratt** : *L'origine des bandes du cyanogène.* L'auteur a fait des observations sur les spectres des flammes d'un certain nombre de gaz contenant C, H, N et O. Les bandes du cyanogène sont fortement développées dans la flamme gaz d'éclairage-oxyde nitreux, tandis qu'elles sont entièrement absentes de la flamme hydrogène-oxyde nitreux si l'on évite la présence de toute trace de carbone. Il semble donc que la présence du carbone est essentielle à leur production. L'apparition des bandes du cyanogène, dans des conditions appropriées, est un essai beaucoup plus délicat pour le carbone qu'aucune des autres bandes associées à cet élément. Par contre, ce spectre ne se développe pas nécessairement toutes les fois que le carbone et l'azote sont présents. Grotian et Runge avaient attribué le spectre du cyanogène à l'azote, mais cette conclusion repose sur des hypothèses qui ne sont pas confirmées par les recherches de l'auteur. Le spectre du cyanogène constitue un essai très délicat de la présence de composés de l'azote, conduits sous forme gazeuse dans des flammes d'hydrocarbures brûlant dans l'air, car il ne paraît pas que, dans les circonstances ordinaires, l'azote élémentaire soit capable de produire les bandes du cyanogène dans ces flammes. — M. **W. G. Palmer** : *L'activité catalytique du cuivre.* L'auteur a déterminé chronographiquement les vitesses de réaction à diverses températures d'une action catalytique typique : la déshydrogénation de l'alcool par le cuivre. Le cuivre préparé électrolytiquement est presque inactif comme catalysateur, quelles que soient les conditions de son dépôt. Le cuivre réduit de son oxyde est actif au-dessus de 200° C., mais cette activité dépend de la température de réduction de l'oxyde. L'auteur a construit deux courbes, montrant la relation entre la température et la vitesse de réaction catalytique pour : *a*) le cuivre formé par réduction à la plus basse température possible; *b*) le cuivre formé par réduction à 205° C. La courbe *a*) présente un changement brusque de direction vers 260° C., mais la courbe *b*) est presque une ligne droite; elle n'offre qu'une faible convexité vers l'axe des abscisses. — MM. **E. F. Armstrong** et **T. P. Hilditch** : *Étude des actions catalytiques sur les surfaces solides.* V : *Le taux de variation conditionné par un catalysateur au nickel et son influence sur la loi d'action de masse.* Les auteurs ont étudié l'hydrogénation de composés organiques simples contenant une liaison éthylénique, dans le but de rechercher s'il existe une relation linéaire entre le taux d'hydrogénation et le temps comme dans le cas de mélanges de glycérides non saturés. Dans le cas des cinnamates de méthyle et d'éthyle, du safrol ou de l'anéthol (hydrogénés à l'état liquide en présence de nickel à 140° ou 180° C), cette relation prend une forme linéaire pour les 60 °/o au moins de la réaction, et dans la plupart des cas pour les 80 à 90 °/o. Ainsi se confirme expérimentalement l'interprétation du mécanisme de la réaction que les auteurs ont déduite de leurs travaux sur les glycérides non saturés. D'autres expériences illustrent la manière dont les graphes linéaires : absorption de l'hydrogène-temps se transforment en courbes, généralement d'un type logarithmique, sous l'influence des conditions extérieures. Les auteurs discutent les analogies entre ces variantes de l'action hydrogénante normale et des influences analogues qui se manifestent dans l'hydrolyse par les enzymes.

3° Sciences naturelles. — M. **A. G. Bennett** : *Sur la présence de Diatomées sur la peau des baleines.* La peau de certaines baleines à aileron et baleines bleues capturées dans les eaux sub-antarctiques est décolorée par une pellicule superficielle de couleur chamois, ressemblant comme teinte aux bandes colorées qu'on observe souvent sur les glaces flottantes. Les baleines ainsi affectées sont presque toujours grasses. L'examen microscopique a montré que cette pellicule est formée d'un nombre immense de Diatomées. Les individus gras sont probablement ceux qui ont passé quelque temps dans l'extrême Sud, où la nourriture pour les baleines est très abondante pendant l'été, tandis que les individus minces viennent probablement d'arriver des eaux plus chaudes. La peau de ces derniers paraît exempte de pellicule appréciable de Diatomées; leurs parties claires sont donc blanches, au lieu d'avoir la teinte jaune qui a fait donner par les baleiniers le nom de « ventre soufré » aux baleines dont les parties claires sont teintées. La pellicule cutanée de celles-ci peut être composée des mêmes diatomées que celles des bandes colorées de la glace; ce sont des *Cocconeis* d'une espèce nouvelle; les membres de ce groupe sont connus pour s'attacher aux objets submergés. Si on arrive à prouver que la surface extérieure des baleines peut être colonisée par des Diatomées présentes dans les eaux qu'elles fréquentent, l'examen de leur peau peut jeter une vive lumière sur leurs migrations par l'étude de la distribution géographique des espèces de ces organismes microscopiques qui y sont attachées.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

31e ANNÉE N° 21 15 NOVEMBRE 1920

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences, de l'Académie de Médecine

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie

Les comètes périodiques et leur origine. — On admet actuellement que certaines comètes à courte période auraient été captées par Jupiter au cours de leur voyage à travers les espaces sidéraux. Le hasard aurait amené ces astres au voisinage de la planète, qui les aurait déviés de leur orbitre primitive et, par le jeu de l'attraction newtsnienne, les aurait lancés sur l'orbite elliptique qu'ils décrivent actuellement. On a d'ailleurs pour cette raison désigné les nombreuses comètes dont la période est comprise entre 5 et 9 ans sous le nom de comètes de la famille de Jupiter. Pour les comètes de période un peu plus longue, on emploie une désignation analogue : les unes sont rangées dans la famille de Saturne et les autres dans les familles d'Uranus et de Neptune, cette classification entrainant l'hypothèse implicite d'une capture par la planète correspondante. Des arguments solides ont été présentés, toutefois, par H. C. Wilson, contre la possibilité de l'existence d'une famille de comètes captées par la dernière de ces planètes.

Cette hypothèse, communément admise, de la capture des comètes par les planètes extérieures, a fait récemment l'objet d'une nouvelle étude de M. H. N. Russell[1], l'astronome américain bien connu. Ce savant s'est non seulement proposé de remettre en discussion tous les résultats qui militent en sa faveur, mais il a encore tenté de les étendre aux comètes de plus longue période.

M. H. N. Russell a d'abord étudié, pour toutes les comètes dont la durée de période est inférieure à 2.000 ans, les circonstances qui ont accompagné leur passage au voisinage le plus immédiat possible des grandes planètes. Parmi ces comètes, 42 ont une période supérieure à 10 ans, et elles paraissent se différencier nettement de celles dont la durée de période est inférieure : les inclinaisons de leurs orbites sont très fortes et très peu de ces astres passent au voisinage des orbites des planètes. On peut, d'autre part, en supposant les orbites de ces comètes distribuées au hasard, et appliquant le calcul des probabilités, déterminer la manière dont se présenteront leurs plus courtes distances aux orbites des planètes. Or il se trouve que la distribution théorique ainsi calculée est en parfait accord avec celle observée pour cette catégorie de comètes. Ceci semble bien montrer que les planètes ont eu une influence négligeable dans la détermination de leurs orbites actuelles.

Parmi ces comètes à durée de période supérieure à 10 ans, deux, cependant, approchent suffisamment une orbite de planète pour qu'on puisse supposer qu'elles ont été lancées dans leur orbite actuelle par capture. Ce sont les comètes 1854-IV et 1886-V à périodes respectives de 1.089 et 263 ans : l'une paraît avoir été capturée par Jupiter et l'autre par Saturne. Il est nécessaire toutefois de supposer que cette opération s'est effectuée il y a très longtemps et que les orbites de ces comètes ont été considérablement modifiées depuis par les perturbations. La distribution de leurs périodes est d'ailleurs en très bon accord avec celle qui résulterait d'une application de la théorie, relative à la capture des comètes, émise par H. A. Newton. En outre, on vérifie que cette coïncidence n'existe plus, si l'on suppose que la période de révolution de ces astres a toujours été de l'ordre de grandeur de celle que l'on observe actuellement, en rejetant l'hypothèse d'une variation brusque due à la capture, ou si l'on recherche l'origine de ces périodes dans l'effet accumulé de petites perturbations. Il paraît donc certain qu'il y ait eu capture dans le cas des deux comètes considérées.

Si ce fait paraît bien déterminé, il est, par contre, pour ainsi dire impossible, d'une manière générale, de dire avec certitude quelle planète est intervenue pour la capture d'une comète donnée, sauf dans quelques cas de capture récente. Il est probable, cependant, que Jupiter a dû capturer la plus grande partie des comètes à courte période et Saturne les autres. L'opération, encore possible pour Uranus, ne l'est plus du tout pour Neptune.

M. Russell a enfin vérifié que la classification conventionnelle des comètes, en familles de Saturne, d'Uranus et de Neptune, utilisée actuellement et basée sur l'analogie de la grandeur des distances aphélies de ces derniers astres et des comètes de la famille qui leur corres-

1. *The Astronomical Journal*, vol. XXXIII, n° 7, p. 49; septembre 1920.

pond, est dénuée de tout fondement et sans aucune relation avec l'ordre dans lequel s'est effectuée la capture. Il n'en est pas de même pour les comètes de période inférieure à 10 ans, sur lesquelles l'action de Jupiter est indéniable : les recherches de M. Russel n'ont fait que le confirmer.

H. G.

§ 2. — Physique du Globe

Organisation des recherches de magnétisme terrestre. — M. E. Mathias a présenté à la Section de Magnétisme terrestre et d'Electricité atmosphérique du Comité français de Géodésie et de Géophysique un intéressant Rapport[1] dont nous allons indiquer les grandes lignes et reproduire les conclusions.

Dans les quarante-cinq dernières années, les recherches françaises relatives au magnétisme terrestre ont été surtout l'œuvre du Bureau Central Météorologique. Le réseau magnétique de la France, à la date du 1er janvier 1896, est l'œuvre magistrale de Th. Moureaux.

De l'immense effort de Moureaux s'est dégagé un résultat imprévu : l'énorme anomalie magnétique du bassin de Paris. Les terrains tertiaires ne présentant que des calcaires et des marnes, c'est-à-dire des roches peu ou point magnétiques, on pouvait, semble-t-il, s'attendre à un phénomène extrêmement régulier. Au lieu de cela, Moureaux a constaté que les lignes isomagnétiques ont une forme extraordinairement tourmentée dans l'étendue d'une dizaine de départements. Des anomalies encore plus accentuées ont été constatées en Russie (à Kotchetowka, district d'Obojanne).

Les échecs des diverses tentatives d'explications formulées au sujet de ces anomalies ont fait parfois penser que, dans la distribution géographique des éléments magnétiques, tout n'était que hasard et désordre inextricable. En réalité, remarque M. Mathias, un examen attentif des mesures de Moureaux montre que les *stations régulières* (au nombre de 450 environ en France) obéissent à une même loi de continuité et que leurs éléments peuvent être représentés par une fonction du second degré de la longitude et de la latitude géographiques; au contraire, les *stations anormales* (au nombre de 150 environ) n'obéissent à aucune loi connue. En plein milieu du bassin de Paris, dans le département de Seine-et-Marne notamment, on rencontre de nombreuses stations régulières : « les anomalies magnétiques se projettent sur un fond régulier ».

Les principales questions que devra résoudre tout d'abord une étude méthodique du magnétisme terrestre sont, d'après M. Mathias, les suivantes :

« 1° Les stations considérées actuellement comme *régulières* ou comme *anormales* demeurent-elles, dans le temps, indéfiniment régulières ou anormales ?

« 2° Y a-t-il plusieurs espèces d'anomalies magnétiques ou une seule?

« 3° A quoi peut-on raisonnablement attribuer les anomalies?

« 4° La nature des couches superficielles du sol intervient-elle dans la cause inconnue de la régularité magnétique et de l'anomalie magnétique ?

« 5° La structure d'une couche géologique donnée intervient-elle par ses accidents (ravins profonds, grottes étendues, etc.) dans la régularité ou l'anomalie magnétique ? »

Pour servir de fil conducteur dans ces recherches, M. Mathias propose une hypothèse ingénieuse. Le magnétisme des roches profondes ou superficielles ne suffit pas pour comprendre l'anomalie du bassin de Paris. Comme il n'y a que deux causes connues du champ magnétique, les aimants et les courants, il faut de toute nécessité admettre, d'après M. Mathias, que le magnétisme terrestre est dû, pour une part, au magnétisme des roches et, pour une autre part, aux courants qui circulent à l'intérieur de la Terre.

Dans le cas du bassin de Paris, le magnétisme terrestre résulte du champ magnétique continu et régulier des roches profondes, combiné avec le champ des courants voisins de la surface. Or, à cause du refroidissement du noyau central, les couches superficielles du sol s'effondrent constamment; on conçoit qu'à cause de la résistance électrique très différente des diverses roches superficielles, les courants voisins de la surface subissent, en certaines régions, des déviations très différentes et donnent un champ très différent en des points voisins.

Il se peut qu'en certains points singuliers, les champs magnétiques produits par le magnétisme des roches et les courants telluriques soient parallèles; si ces champs magnétiques sont du même ordre de grandeur, on conçoit qu'ils puissent se neutraliser presque complètement s'ils sont de sens contraire, ou donner un champ magnétique exceptionnellement grand s'ils sont de même sens. C'est suffisant pour expliquer l'anomalie du bassin de Paris et du gouvernement de Koursk.

M. Mathias propose, en terminant, les résolutions suivantes, qui ont été adoptées par la Section de Magnétisme terrestre et d'Electricité atmosphérique dans sa séance du 12 avril 1920 :

« 1° Que tous les observatoires français, astronomiques aussi bien que magnétiques ou météorologiques, coordonnent leurs efforts pour l'étude du magnétisme terrestre de la France et de ses colonies, et qu'à cet effet il soit procédé à une enquête auprès des observatoires, des Facultés des Sciences et des savants indépendants, de manière à connaître les instruments magnétiques dont ils disposent et ceux qui pourraient être prêtés ;

« 2° Que le travail soit organisé de façon à avoir, à chaque période solaire undécennale, de nouvelles éditions de la carte magnétique de la France, les observations étant particulièrement multipliées au voisinage du minimum des taches solaires;

« 3° Que le réseau magnétique de Th. Moureaux soit la base de l'organisation projetée et l'étude des stations de ce réseau, tant régulières qu'anormales, suivie périodiquement;

« 4° Qu'il soit procédé à la recherche des observations magnétiques de tout genre, soit absolues, soit autres, restées encore inédites;

« 5° Que les études du magnétisme terrestre ne soient pas livrées au hasard, mais guidées par des vues d'ensemble et conduites de manière à contrôler les théories émises conformément aux progrès de la science. »

A. B.

§ 3. — Chimie physique

Sur quelques propriétés d'une forme active de l'hydrogène[1]. — On sait que Sir J.-J. Thomson[2] a établi, en 1913, au moyen de sa méthode d'analyse par les rayons positifs, que la décharge électrique dans l'hydrogène extrêmement raréfié produit une substance ayant un poids moléculaire égal à 3, qu'il désigne par le symbole X^3 et dont les réactions font penser à une forme triatomique de l'hydrogène.

En 1915, Dempster[3], substituant une méthode électrique à la méthode photographique, a établi la production des molécules H, H^2, H^3, par la décharge dans les conditions indiquées, la molécule H^3 prédominant aux pressions de 0,1 mm. Duane et Wendt[4] ont montré, en 1916, que l'hydrogène, soumis aux rayons α produits par le niton, devient chimiquement actif et ils ont fourni quelques preuves expérimentales à l'appui d'une diminution de volume indiquant la formation d'une

1. V. la *Revue génér. de l'Electricité*, 28 août 1920.

1. Wendt et Landauer : *Phys. Rev.*, 2e série, t. XV, p. 242; mars 1920
2. J.J. Thomson : *Proc. Roy. Soc.*, A, t. LXXXIX, p. 1; 1913.
3. Dempster : *Phil Mag.*, t. XXXI, p. 438 ; 1916.
4. Duane et Wendt : *Phys. Rev.*, 2e série, t. VII, p. 689 ; 1916.

molécule plus lourde que H^2 ; cette contraction a été confirmée postérieurement par Lind[1].

L'hydrogène traversant un tube à décharge électrique sous une pression d'environ 7 cm. acquiert une activité chimique bien supérieure à celle de l'hydrogène ordinaire. S'il passe ensuite dans un tube rempli de soufre pulvérisé, il donne de l'hydrogène sulfuré dont on peut constater la présence avec un papier imprégné d'une solution d'acétate de plomb ; la quantité de sulfure de plomb obtenue indique la transformation d'environ 0,001 % d'hydrogène en la forme active.

L'activité du gaz n'est pas due à la présence d'ions. Si, du tube à décharge, l'hydrogène passe dans un électroscope sensible, susceptible de permettre la mesure de petites quantités d'émanation du radium, les feuilles de l'électroscope ne subissent aucune déviation. Les ions qui prennent naissance dans le tube à décharge n'en sortent pas ; cependant, quand la décharge ne passe pas, de l'hydrogène préalablement ionisé conserve ses ions et peut alors décharger rapidement l'électroscope.

Les recherches rappelées ci-dessus, aussi bien que les propriétés de l'hydrogène monoatomique préparé par Langmuir, montrent que l'activité de l'hydrogène est due à la présence de grosses molécules et non pas à celle d'atomes simples. La forme atomique ne subsiste qu'aux pressions très faibles et elle est si facilement absorbée par le verre qu'elle ne peut traverser un tampon en coton de verre. La forme triatomique, au contraire, traverse facilement le coton de verre et est relativement stable aux pressions de l'ordre de la pression atmosphérique. Elle se décompose spontanément au bout de quelques minutes. Elle peut être, soit condensée, soit décomposée, à la température de l'air liquide.

La décharge dans le vide n'est pas le seul procédé permettant d'obtenir de l'hydrogène actif. La décharge en couronnes fournie par un courant alternatif de 60 périodes par seconde, sous une tension de 20.000 volts, et produite dans l'hydrogène pur sous la pression atmosphérique, donne également de l'hydrogène actif, mais avec un rendement un peu inférieur.

§ 4. — Chimie biologique

La fonction cholestérinogénique de la rate. — On est fort mal renseigné sur l'origine et sur la signification de la cholestérine dans l'organisme ; et c'est dommage, car ce corps se rencontre un peu partout dans l'économie et participe vraisemblablement à l'accomplissement de quelque importante fonction. Aussi doit-on accueillir avec soin toutes les données qui peuvent nous permettre de mieux connaître l'histoire de ce corps. M. A. Abelous a exposé au Congrès de Physiologie de Paris ses recherches sur le rôle que joue la rate dans la genèse de la cholestérine, et qu'on peut ainsi résumer.

Si l'on injecte de l'acide chlorhydrique à 4 pour 1.000 dans la cavité du duodénum (on sait qu'il en résulte une production de sécrétine qui est résorbée rapidement et qui passe dans le sang pour aller provoquer les sécrétins pancréatique, biliaire, intestinale), ou de la sécrétine dans les veines, on peut reconnaître que la teneur du sang en cholestérine augmente. Mais cette augmentation, qui se peut constater chez les animaux normaux, ne se produit pas chez ceux dont on a enlevé la rate.

On démontre du reste directement que la rate peut engendrer de la cholestérine : *in vivo*, le sang de la veine splénique contient plus de cholestérine que le sang artériel ; *in vitro*, de la pulpe splénique en suspension dans une solution aqueuse de fluorure de sodium à 2 % s'enrichit en cholestérine.

Cette cholestérine a pour générateurs l'acide cholalique et les savons. La transformation est due à l'action d'une diastase qu'on peut séparer de la rate en faisant une macération fluorée de son tissu et en la filtrant.

Parmi les autres tissus, seuls ceux du foie et des centres nerveux peuvent produire de la cholestérine, mais notablement moins que la rate ; les surrénales, les thyroïdes, les reins, les ovaires, les glandes génitales, les muscles n'en produisent pas ; tout au contraire, la cholestérine disparaît à leur contact.

§ 5. — Physiologie

Une nouvelle théorie de l'audition. — Dans une conférence à l'Institution Royale de Grande-Bretagne, le Prof. A. Keith a appelé l'attention sur la théorie de l'audition due à Sir Thomas Wrightson, qui paraît devoir expliquer mieux que toutes les précédentes les phénomènes si particuliers dont l'oreille est le siège.

Selon la théorie émise par Helmholtz en 1863, l'oreille interne peut être regardée comme un piano microscopique, muni de quelque 16.000 cordes résonnantes, de dimensions presque ultra-microscopiques. Chaque corde ou jeu de cordes est supposé entrer en vibration, quand elle est frappée par la note synchrone. A chaque corde ou jeu de cordes doit correspondre une fibre nerveuse qui serait excitée par les vibrations et les transmettrait au cerveau. Ces fibres nerveuses conduiraient à un centre où 16.000 cellules nerveuses recevraient des messages par les fibres nerveuses auditives correspondantes. Ce seraient donc des centres nerveux qui devraient, si on accepte la théorie d'Helmholtz, distinguer entre les messages émanés des diverses cordes. Quelque satisfaisante qu'elle soit du point de vue du physicien, cette théorie de l'oreille est une impossibilité, si on la considère du point de vue du psychologue, du physiologiste ou de l'anatomiste. Les cordes sont bien présentes dans l'oreille interne, mais placées et conditionnées de telle sorte que la seule chose qu'elles ne puissent pas faire est de vibrer.

Dans une théorie émise par Sir Thomas Wrightson dès 1876, et mise au point récemment dans son traité sur le « mécanisme de l'oreille interne » (1918), l'auteur suppose que le limaçon se comporte comme un appareil unique : il le montre comme la balance à ressort la plus précise et la plus délicatement ajustée qui ait jamais été calculée pour peser non seulement les sons les plus simples et les plus légers, mais aussi les plus complexes et les plus forts. L'oreille non seulement perçoit, mais enregistre et mesure automatiquement la moindre variation de pression, et grâce aux cellules ciliées ou sémaphores qui forment une partie intrinsèque de l'appareil, le système de messages ou de signaux transmis par l'oreille peut être comparé au système de points et de traits du code Morse. L'ensemble de l'organe de Corti prend part à la production de ce code de signaux ; toutes les fibres du nerf auditif entrent en jeu dans leur transmission de l'oreille au cerveau. Il est légitime de penser que ces signaux sont déchiffrés dans des relais du système nerveux central. Ainsi la théorie de Sir Thomas Wrightson ramène l'audition sur le même plan que les autres sens, tandis que la théorie de Helmholtz, en supposant que chaque fibre des nerfs auditifs a une fonction spéciale, ignore les lois les plus élémentaires concernant la nature de la constitution des nerfs.

Des progrès récents accomplis dans notre connaissance de l'évolution de l'oreille interne éclairent d'un jour nouveau le mécanisme du limaçon et de l'organe de Corti. Le principe qui a été adopté par la Nature quand elle a construit l'organe de l'audition complexe n'est qu'une extension de celui qui est utilisé dans le labyrinthe primitif. Chez les Poissons inférieurs, une vésicule close, placée de chaque côté de la tête, et remplie de liquide, forme la partie centrale du labyrinthe ; sur sa paroi inférieure se trouve un îlot de cellules ciliées. Sur les cils oscille un otolithe ; les fibres nerveuses prennent naissance soit à l'intérieur, soit autour des cellules ciliées. Tant que le poisson nage à un même niveau, le système sémaphorique cilié est au repos ; mais s'il s'élève même très légèrement, la pesanteur entre en jeu ; l'otolithe, en réponse à l'action de la

1. Lind : *J. Amer. Chem. Soc.*, t. XLI, p. 531 ; 1919.

pesanteur, courbe les cils à droite ou à gauche, ce qui exerce une certaine tension sur les cellules auxquelles ils sont fixés, et ces changements sont transmis comme des signaux ou des impulsions le long des nerfs. Dans cet appareil très simple, il y a quatre éléments : 1° l'otolithe ou *titillateur*, 2° le cil ou levier sur lequel le titillateur agit, 3° la cellule sensitive sur laquelle agit le levier, 4° les fibres nerveuses qui sont stimulées par les cellules sensitives.

Dans les canaux semi-circulaires qui enregistrent les mouvements des corps, on retrouve les mêmes éléments. La coupole représente le titillateur ; toutefois, elle n'agit plus sous l'influence de la pesanteur, mais des mouvements du fluide produits dans les canaux par le déplacement de la tête. Barany fut le premier à montrer qu'un mouvement du fluide dans un sens produit un jeu de signaux, et un mouvement en sens inverse un autre jeu de signaux de sens contraire.

Les quatre éléments précédents se retrouvent dans le limaçon et l'organe de Corti de l'oreille évoluée. Le titillateur est la membrane tectoriale ; les cils ou leviers, les cellules sensitives et les nerfs sont les mêmes, sauf que les cellules sont ici plongées dans un milieu composé de fibres élastiques ; mais dans l'appareil oscillant du vestibule, les cellules sensitives sont fixes, et les titillateurs mobiles ; dans le limaçon, au contraire, les cellules sensitives sont sur une membrane mobile, la membrane basiliaire, qui réagit à chaque déplacement de fluide mis en mouvement par les ondes sonores. D'autre part, le titillateur, au lieu d'être libre, est fixé à la paroi. Ainsi, dans le système utriculaire, les cils ou leviers sont mus par la pesanteur ; dans le système canaliculaire, les déplacements du fluide ébranlé par les mouvements de la tête agissent sur les leviers, et donnent naissance à des signaux ; dans le limaçon, les forces qui mettent en jeu le système de leviers sont les ondes sonores, et les leviers sont abaissés par le champ de cellules ciliées, agissant sur le titillateur, ou membrane tectoriale.

Si de la vésicule auditive primitive on passe à l'organe évolué, on trouve : une vésicule close, remplie de liquide, et entourée de toutes parts par du tissu osseux de nature très dense, sauf en un point, où se trouve la fenêtre ronde. Cette fenêtre est essentielle : sans elle, il ne peut y avoir aucun déplacement du fluide, et aucune excitation des nerfs, quand les ondes sonores frappent les parois osseuses de la vésicule. Dans le passage conduisant à la fenêtre ronde, est placé l'organe de Corti — l'appareil destiné à enregistrer les déplacements du fluide mis en jeu par les ondes sonores transmises à travers l'os. Pour rendre l'oreille encore plus sensible, une autre fenêtre a été pratiquée dans la paroi osseuse : la fenêtre ovale, dans laquelle est fixé un piston mobile, l'étrier. Par un levier courbe, formé par les osselets, ce piston est relié au tympan, et ainsi l'oreille est rendue infiniment plus sensible aux sons transmis par l'air. La surface du tambour est 15 fois celle du piston. La fermeture de la fenêtre ovale, en immobilisant l'étrier, rend l'oreille plus sensible aux ondes conduites par les os ; la fermeture de la fenêtre ronde produit la surdité complète. Ces faits ne peuvent s'expliquer par la théorie de Helmholtz, mais trouvent leur explication si on se rallie à la théorie de Sir Thomas Wrightson.

On peut décomposer en quatre phases un déplacement complet du levier ou cil d'une cellule sensible. La position verticale peut être prise comme point de repos ou o. Dans la première phase, le levier s'incline, par exemple, à droite ; dans la seconde, il revient au o ; dans la troisième, il s'incline à gauche ; dans la quatrième, il revient encore au o. Il est clair que pendant chacune de ces quatre phases, il peut se produire des modifications de tension et de pression, et que chaque phase peut donner lieu à une excitation nerveuse, ou signal ; les signaux varieront avec la durée et l'intensité de chaque mouvement du cil. Dans toute onde sonore, Sir Thomas Wrightson reconnaît quatre phases correspondantes : deux de celles-ci se trouvent dans la région de l'onde où les particules d'air sont condensées, où il y a une pression +; les deux autres, dans la région où les particules d'air sont raréfiées, où il y a une pression —. Pendant la phase I, la pression + augmente ; pendant la phase II, elle diminue ; pendant la phase III, la pression — augmente ; pendant la phase IV, elle diminue. Chaque phase d'une onde sonore produit une action définie sur les cils ou leviers, ce qui donne lieu à un signal ou message nerveux séparé.

La découverte originale de Sir Thomas Wrightson, annoncée en 1876, consistait dans la reconnaissance du fait que, si l'on pouvait supposer que chaque phase d'une onde sonore donne lieu à une excitation, le cerveau reçoit un nombre de données suffisant pour analyser le son le plus complexe. Helmholtz avait supposé qu'une telle analyse ne peut être réalisée que par le moyen de la résonnance ; Sir Thomas Wrightson montre qu'il y a une autre méthode, et que par l'une le limaçon agit comme un tout, pesant et enregistrant les pressions produites par les ondes sonores.

Le fait que chaque phase de l'onde sonore produit un mouvement distinct des cils auditifs fut découvert plus tard, mais forme une partie essentielle de la théorie nouvelle. C'était une conséquence d'une découverte négligée de Sir William Bowman, faite vers l'année 1846, que la membrane basilaire est composée de deux parties, une zone striée et une zone hyaline ; la zone hyaline ressemble comme structure et comme réaction de coloration à la capsule de la lentille, et peut être regardée comme de nature élastique. Sir Thomas Wrightson a démontré que les déplacements que l'onde sonore provoque dans les fluides de l'oreille agissent contre la résistance élastique de la membrane basilaire, et qu'ainsi chacune des quatre phases de l'onde sonore qu'il avait primitivement établies sur des données théoriques agit effectivement en produisant des mouvements distincts des cils. Selon l'opinion de M. Keith, le rôle des diverses parties du limaçon, de l'organe de Corti et la conformation des divers conduits des fluides auditifs, qui étaient laissés dans l'ombre par la théorie de Helmholtz, reçoivent maintenant une explication satisfaisante.

Il est aussi convaincu que, lorsque les physiologistes, les psychologues et les auristes auront pénétré cette nouvelle théorie dans tous ses détails, ils seront en possession d'un fil conducteur qui les aidera à comprendre des phénomènes jusqu'alors inexplicables.

Double section sympathique en deux temps. — M. le prof. Schäfer, d'Edimbourg, a montré aux membres du Congrès de Physiologie de Paris une bien remarquable expérience.

Si on coupe chez le chat le sympathique dans la région médio-cervicale, on constate les faits bien connus depuis les recherches classiques de Cl. Bernard : rétraction du globe de l'œil, étalement de la membrane nictitante, contraction de la pupille, dilatation des vaisseaux de l'oreille externe et échauffement de cette oreille.

Si, un mois environ plus tard, on coupe au même niveau le second sympathique, on voit les mêmes phénomènes se produire du côté de la nouvelle section, ce qui n'est pas pour surprendre ; mais, et c'est là le fait inattendu, les phénomènes qu'avait engendrés la première section et qui persistaient au moment de la seconde opération, disparaissent très rapidement et sont remplacés par les phénomènes inverses.

De sorte que du côté de la seconde section le chat présente les phénomènes qui ont été notés ci-dessus, tandis que, du côté de la première section, on reconnaît avec la plus parfaite netteté la projection en avant du globe de l'œil, la rétraction de la membrane nictitante, la dilatation de la pupille, la contraction des vaisseaux et le refroidissement de l'oreille.

La signification et l'interprétation de ces faits n'ont pas été fournies jusqu'ici.

ÉTAT ACTUEL DE LA CATALYSE[1]

Bien avant les métaux communs, nickel, fer, cobalt, cuivre, les métaux précieux, particulièrement le platine, ont été employés comme catalyseurs. C'est ce métal qui a permis d'observer pour la première fois les phénomènes catalytiques. En effet, en 1817, Davy montra qu'un mélange d'hydrogène et d'oxygène se combine au contact d'une spirale de platine légèrement chauffée.

En raison de son inoxydabilité au contact de l'air, ce métal permet de réaliser des réactions d'oxydation. Tout le monde connaît l'expérience classique de la lampe sans flamme. En présence du platine incandescent, l'alcool se change en aldéhyde.

On sait également que, si l'on chauffe préalablement au rouge un creuset de platine sur un bec Bunsen, puis que l'on dirige sur ce creuset encore chaud un courant de gaz d'éclairage, celui-ci s'enflamme. La réaction peut se répéter d'une manière indéfinie : c'est une réaction catalytique.

A l'état divisé, sous forme de mousse ou de noir de platine, son activité catalytique est encore plus grande. L'hydrogène et l'oxygène se combinent à froid au contact de la mousse de platine (allumeurs automatiques). En versant quelques gouttes d'alcool ordinaire sur du noir de platine, il se produit une réaction violente. L'alcool est changé en aldéhyde. On connaît enfin l'emploi catalytique du platine divisé dans la fabrication de l'anhydride sulfurique par oxydation du gaz sulfureux.

Le platine n'est pas seulement un agent catalytique d'oxydation; il est également un catalyseur d'hydrogénation, et l'on sait depuis très longtemps (1874) que l'éthylène peut être transformé en éthane par fixation d'hydrogène à froid au contact du noir de platine.

Le développement pris dans ces dernières années par la méthode catalytique d'hydrogénation à l'aide des métaux communs, créée par MM. Sabatier et Senderens, a aiguillé de nouveau les recherches du côté des métaux précieux. Et l'on a trouvé que les métaux congénères du platine, le palladium, le rhodium, l'iridium et l'osmium, jouissent d'un certain nombre de propriétés catalytiques assez curieuses, et que l'argent constitue un bon catalyseur d'oxydation.

La grande division de ces métaux constituant un facteur important de leur activité, on pouvait penser que les *métaux colloïdaux* exerceraient des actions catalytiques puissantes. Et, de fait, ces métaux, que l'on sait préparer aujourd'hui aisément par plusieurs procédés, permettent de réaliser non seulement des dédoublements moléculaires, mais les hydrogénations les plus variées.

Les métaux divisés, communs ou nobles, ne sont pas les seuls corps ayant un pouvoir catalytique. En effet, le charbon a été utilisé comme catalyseur d'oxydation pour transformer l'alcool méthylique en formol; l'oxygène se fixe sur les carbures aromatiques en présence de $AlCl^3$; l'oxyde de carbone mélangé de HCl s'ajoute en présence de Cu^2Cl^2 et $AlCl^3$ ou même de $AlBr^3$ sur le benzène. C'est une méthode industrielle de préparation de l'aldéhyde benzoïque. Enfin les oxydes métalliques constituent aussi des catalyseurs importants.

Un grand nombre de réactions, qui paraissent quelquefois inexplicables, sont dues le plus souvent à la présence d'un catalyseur.

L'une des plus fécondes est, sans contredit, celle qui a conduit à la série des colorants pour cuve de l'anthraquinone-imide. On sait les obtenir aujourd'hui en condensant les aminoanthraquinones avec les anthraquinones halogénées en présence de petites quantités de cuivre :

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CO\\CO\end{matrix}\right\rangle C^6H^3NH^2 + Cl.C^6H^3\left\langle\begin{matrix}CO\\CO\end{matrix}\right\rangle C^6H^4 = HCl$$

$$+ C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CO\\CO\end{matrix}\right\rangle C^6H^3 - NH - C^6H^3\left\langle\begin{matrix}CO\\CO\end{matrix}\right\rangle C^6H^4.$$

Or, c'est une observation fortuite qui a conduit à cette réaction. En remplaçant l'appareil en fer où l'on pratiquait la condensation de la dibromoaminoanthraquinone avec la paratoluidine, par un appareil à chapiteau en cuivre, on constata que la réaction, au lieu de s'arrêter normalement au bleu ciel d'alizarine :

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CO\\CO\end{matrix}\right\rangle C^6H\begin{matrix}-Br\\NH.C^6H^4.CH^3,\end{matrix}\!\!\!

d'Ullmann). Il serait trop long d'énumérer ici toutes ces réactions particulières.

Je dois me borner à vous exposer assez brièvement les travaux importants publiés en catalyse jusqu'à ce jour.

Parmi les catalyseurs employés, il en existe trois sortes qui ont donné naissance à des travaux généraux : 1° les métaux divisés ; 2° les oxydes métalliques ; 3° les acides et les sels.

I. — CATALYSE PAR LES MÉTAUX DIVISÉS

Les métaux divisés permettent de réaliser trois sortes de réactions :

1° des réactions d'hydrogénation,
2° — d'oxydation,
3° — de dédoublement.

§ 1. — Réactions d'hydrogénation

Au contact des métaux catalyseurs :

a) toutes les molécules organiques ayant des doubles ou triples liaisons sont capables de fixer de l'hydrogène ;

b) des molécules complètes seront susceptibles de changer de fonction par addition d'hydrogène ;

c) des composés oxygénés ou halogénés abandonneront facilement l'oxygène ou l'halogène en échange de l'hydrogène.

a) *Fixation d'hydrogène sur les doubles ou triples liaisons.* — En dehors de l'acétylène, de l'œnanthylidène et du phénylacétylène qui fixent 4 atomes au contact du nickel divisé, les composés à triple liaison ont été peu étudiés. Il n'en est pas de même des corps à doubles liaisons, qui ont fait l'objet de travaux importants.

La saturation des doubles liaisons peut être réalisée : 1° sur des molécules aliphatiques, 2° sur des molécules nucléaires.

Parmi les métaux divisés, Ni convient parfaitement pour effectuer cette réaction catalytique, entre 150° et 200°. Dans le cas des molécules nucléaires, il est nécessaire d'employer Ni pur, que l'on prépare aisément en dissolvant les cubes du commerce dans de l'acide azotique.

Le nitrate est calciné et l'oxyde est réduit à 400-450° par H pur. Pour l'hydrogénation des molécules aliphatiques, Ni provenant de la calcination de l'hydrate ou du carbonate du commerce peut être utilisé. La présence de petites quantités de chlorures ou de sulfates n'entrave pas la réaction.

1° L'éthylène et les carbures éthyléniques sont changés en hydrocarbures saturés :

$$R^2C{:}CR^2 + H^2 = R^2CH.CHR^2.$$

Les dérivés de ces carbures fixent d'abord H, avant qu'il touche à la fonction qui peut être atteinte ultérieurement.

Ainsi, les *alcools* possédant une ou deux doubles liaisons sont transformés en alcools forméniques ; l'alcool allylique conduit au propanol :

$$CH^2{:}CH\ CH^2OH = CH^3CH^2CH^2OH.$$

Les alcools qui constituent l'essence de rose, géraniol et citronellol, fixent 4 et 2 atomes d'H :

$$\left.\begin{array}{l} CH^3C(CH^3){:}CH.CH^2.CH^2.C(CH^3){:}CH.CH^2OH + 2H^2 \\ (CH^3)^2C = CH.CH^2.CH^2.CH(CH^3).CH^2.CH^2OH + H^2 \end{array}\right\}$$

$$= \begin{array}{ccccccccc} CH^3 & . & CH & . & CH^2 & . & CH^2 & . & CH^2 & . & CH & . & CH^2 & . & CH^2OH \\ & & | & & & & & & & & | & & & & \\ & & CH^3 & & & & & & & & CH^3 & & & & \end{array}$$

Les aldéhydes et les cétones éthyléniques sont changées en composés saturés. C'est par exemple le cas de l'oxyde de mésityle et de la phorone, qui donnent la méthylpentanone et la diméthylheptanone :

$$(CH^3)^2C{:}CH.CO.CH^3 + H^2 = (CH^3)^2CH.CH^2.CO.CH^3;$$
$$(CH^3)^2C{:}CH.CO.CH{:}C(CH^3)^2 + 2H^2$$
$$= (CH^3)^2CH.CH^2.CO.CH^2.CH(CH^3)^2.$$

Les acides incomplets (crotonique, oléique, élaïdique), leurs éthers, s'hydrogènent également sur le Ni et fixent deux atomes d'H.

2° Les hydrocarbures nucléaires, benzène et homologues, se changent aisément, par hydrogénation sur le Ni divisé à 180°, en hydrocarbures cycloforméniques.

Cette réaction a lieu aussi au contact de la mousse de platine, du palladium :

$$C^6H^5R + 3H^2 = C^6H^{11}R.$$

La condition essentielle est d'opérer sur un hydrocarbure pur, privé en particulier de thiophène.

Lorsque le résidu R attaché au noyau est trop lourd, il tend à s'égrener en résidus plus simples, si la température s'élève au-dessus de 200°.

Les dérivés *oxhydrilés*, *aminés* et *carboxylés* de ces hydrocarbures subissent également l'hydrogénation du noyau.

Le phénol et ses homologues, crésols, xylénols, carvacrol, thymol, fixent 6 atomes d'H vers 180°. Les polyphénols (hydroquinone, pyrocatéchine, résorcine, pyrogallol) ne résistent pas à l'hydrogénation à 130° par un violent courant d'H.

L'aniline se change en cyclohexylamine, avec destruction partielle en ammoniac et dicyclohexylamine :

$$2C^6H^{11}NH^2 = NH^3 + (C^6H^{11})^2NH.$$

L'acide benzoïque refuse de se transformer en acide hexahydrobenzoïque au contact du Ni. Mais ses éthers fixent aisément 6 atomes d'H à température relativement basse.

Les terpènes bi et tétravalents sont transformés par hydrogénation en composés saturés.

Les composés polynucléaires n'échappent pas à la réaction générale, et il est facile de supprimer toutes les doubles liaisons des noyaux.

Le diphényle fournit le phénylcyclohexane, puis le dicyclohexyle :

$$C^6H^5.C^6H^5 \rightarrow C^6H^5.C^6H^{11} \rightarrow C^6H^{11}.C^6H^{11}.$$

Les dérivés phénylés du méthane, de l'éthane et des carbures homologues fixent six atomes d'H sur chaque noyau :

$$(C^6H^5)^2CH^2 \rightarrow (C^6H^{11})^2CH^2;$$
$$(C^6H^5)^3CH \rightarrow (C^6H^{11})^3CH.$$

Les hydrocarbures cycliques plus complexes, naphtalène, anthracène, phénanthrène, etc., sont plus délicats à hydrogéner en raison de leur faible volatilité et de la facilité avec laquelle les hydrures obtenus sont détruits. Mais, si on commence à effectuer une hydrogénation partielle, de manière à obtenir un premier hydrure plus volatil que le carbure primitif, cet hydrure pourra être hydrogéné à plus basse température et l'on fera disparaître toutes les doubles liaisons. C'est de cette manière qu'ont été réalisées les hydrogénations du naphtalène et des naphtols, de l'anthracène, etc.

3° Enfin, un grand nombre de composés hétérocycliques peuvent fixer H sur leurs doubles liaisons au contact du Ni divisé entre 180 et 200°. Je me bornerai à citer les transformations du pyrrol C^4H^4N, en pyrrolidine, C^4H^8N, du méthylfurfurane en dérivé tétrahydrogéné, et de la quinoléine C^9H^7N en décahydroquinoléine, $C^9H^{17}N$, etc.

b) Changement de fonction par fixation d'hydrogène. — Deux sortes de composés peuvent être ainsi transformés par fixation d'H au contact du nickel divisé :

1° ceux qui ont un ou plusieurs carbonyles;

2° les nitriles et leurs isomères, les carbylamines.

1° Un certain nombre de composés aliphatiques ou cycloforméniques ayant un ou plusieurs carbonyles dans la molécule seront transformés en alcools.

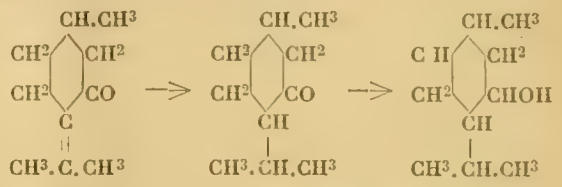
Les aldéhydes fournissent ainsi les alcools primaires :

$$RCOH + H^2 = RCH^2OH.$$

Les acétones conduisent aux alcools secondaires :

$$RCOR^1 + H^2 = RCHOHR^1.$$

Dans le cas où ces fonctions feraient partie d'un composé éthylénique, la double liaison se sature d'abord, puis le groupe CO se change en groupe alcoolique. C'est ce qu'ont montré MM. Haller et Martine dans l'hydrogénation de la pulégone, qui se transforme d'abord en pulégomenthone, puis en menthol :



Et l'on voit immédiatement une application pratique importante de cette réaction dans la transformation de l'essence de menthe pouliot, formée de 80 % de pulégone. Tandis qu'elle ne peut être utilisée que dans la grosse parfumerie, en particulier dans la grande savonnerie, cette menthe, après hydrogénation, acquiert un parfum et un goût agréables, et peut devenir comestible.

Les *dicétones α* se changent en alcools-cétones, puis en dialcools, selon que l'hydrogénation est poussée plus ou moins loin :

$$RCO.COR' \rightarrow RCHOH.COR' \rightarrow RCHOH.CHOHR'.$$

Lorsqu'elles sont peu volatiles comme les *quinones*, il suffira de les entraîner par un rapide courant d'H sur Ni chauffé au-dessous de 200° et de recueillir les produits de la réaction dans une ampoule en verre, afin d'éviter l'obstruction du tube par les composés solides provenant de l'hydrogénation.

2° Les nitriles et leurs isomères, les carbylamines, fixent H au contact du Ni à 200° et se transforment en amines :

$$RCN + 2H^2 = RCH^2NH^2;$$
$$RNC + 2H^2 = RNH.CH^3.$$

Dans le cas des nitriles, il se produit toujours une réaction secondaire, due au dédoublement de l'amine primaire formée au contact du catalyseur, et qui conduit aux amines secondaires et tertiaires :

$$2RCH^2.NH^2 = NH^3 + (RCH^2)^2NH;$$
$$3RCH^2.NH^2 = 2NH^3 + (RCH^2)^3N.$$

La facilité avec laquelle les carbylamines s'isomérisent sous l'influence de la chaleur fait qu'à côté de l'amine secondaire provenant de l'hydrogénation normale de la carbylamine, il se formera les amines dûes à l'hydrogénation du nitrile isomère RCN.

Ces différentes amines peuvent être séparées, en général, par distillation fractionnée.

c) Remplacement de l'oxygène et des halogènes par de l'hydrogène. — Le troisième groupe de réactions d'hydrogénation ne se borne plus à

fixer H sur une molécule organique, mais à chasser certains éléments pour prendre leur place; on peut ainsi remplacer soit l'oxygène, soit des halogènes.

O pourra être facilement substitué par H lorsqu'il sera attaché à des atomes de C ou de N.

1° Dans l'oxyde de carbone, à condition d'avoir des gaz purs et un nickel pur, H remplace O et donne du méthane.

Contrairement à ce qui a lieu avec les aldéhydes et les cétones aliphatiques, les aldéhydes et cétones aryliques ne fournissent pas les alcools correspondants. Elles donnent le carbure aromatique (Darzens) :

$$C^6H^5.COH + 2H^2 = C^6H^5.CH^3 + H^2O;$$
$$C^6H^5.COR + 2H^2 = H^2O + C^6H^5.CH^2R.$$

La même réaction se poursuit dans les composés dicétoniques; le benzyle fournit le diphényléthane symétrique :

$$C^6H^5.CO.CO.C^6H^5 + 4H^2 = 2H^2O + C^6H^5.CH^2.CH^2C^6H^5.$$

La benzoïne, $C^6H^5.CHOH.COC^6H^5$, conduit au même hydrocarbure.

Des remplacements de même nature ont lieu sur les isocyanates et les amides. Les isocyanates sont changés en amines secondaires :

$$RNCO + 3H^2 = RNHCH^3 + H^2O.$$

Cette réaction se complique, par suite de l'action décomposante exercée par l'eau formée sur l'isocyanate non transformé. Il se forme une urée substituée :

$$2RNCO + H^2O = CO^2 + (RNH)^2CO.$$

Les amides $RCONH^2$, quoique difficilement volatiles, se transforment en amines primaires, soit au contact du nickel, soit au contact du cuivre :

$$RCONH^2 + 2H^2 = H^2O + RCH^2NH^2.$$

Et l'amine primaire subit au contact du métal une décomposition partielle en amine secondaire et tertiaire.

A la manière du carbonyle, les résidus NO et NO^2 sont réduits aisément par H et changés en ammoniaque. On pouvait donc penser que toutes les molécules organiques renfermant ces groupements se changeraient en fonction aminées.

Tous les dérivés nitrés aliphatiques et aryliques, suffisamment stables pour ne pas être détruits à la température de la réaction, sont ainsi transformés en amines. Le nitrométhane et le nitroéthane fournissent la méthylamine et l'éthylamine, avec formation simultanée d'amines secondaires et tertiaires. Le nitrobenzène, les nitrotoluènes, les nitronaphtalènes, les nitrophénols conduisent aux aniline, toluidines, naphtylamines, amidophénols. Il en est de même des dérivés dinitrés du benzène et du toluène, qui sont régulièrement transformés en diamines.

Les éthers nitreux RONO, isomères des dérivés nitrés aliphatiques, sont également hydrogénés en donnant l'amine correspondante, par suite d'une isomérisation produite à la température de la réaction (Gaudion) :

$$RONO \rightarrow RNO^2 \rightarrow RNH^2 \rightarrow R^2NH.$$

Enfin, les aldoximes RCH : NOH et les cétoximes R^2C : NOH transforment leur groupement isonitrosé en fonction amine primaire, pendant que la double liaison fixe deux atomes d'H :

$$RCH : NOH + 2H^2 = RCH^2.NH^2 + H^2O;$$
$$R^2C : NOH + 2H^2 = R^2CH.NH^2 + H^2O.$$

Et comme les amines primaires se dédoublent en partie au contact du catalyseur en donnant surtout l'amine secondaire, on se trouve en présence d'une méthode simple de préparation des amines secondaires des alcools secondaires (Mailhe). Le procédé s'applique à l'hydrogénation des cétoximes aliphatiques, aryliques et cycloforméniques.

2° Le remplacement de O par H dans les différentes molécules organiques a lieu à une température relativement basse, voisine de 200°. Il n'en est pas de même pour les dérivés halogénés, qui nécessitent l'emploi d'une température d'au moins 270°, pour être transformés en hydrocarbures correspondants.

D'une manière générale, tous les dérivés chlorés aryliques perdent leurs atomes de chlore sous forme d'HCl, et H se met à leur place. Ainsi, le chlorobenzène est changé en benzène, les chlorotoluènes en toluène. Lorsque plusieurs atomes de chlore se trouvent dans une molécule, ils sont enlevés progressivement. C'est ainsi que le chlorure de Julin C^6Cl^6 conduit à du benzène trichloré, dichloré, monochloré et finalement au benzène.

Ces réactions sont corrélatives de la formation de chlorure de nickel, mais comme, à 270°, ce dernier est ramené à l'état de métal, la catalyse peut avoir lieu d'une manière indéfinie.

Les dérivés bromés sont plus difficiles à réduire, parce que le bromure de nickel qui se forme est beaucoup plus stable que le chlorure.

La réduction des dérivés iodés est encore plus pénible, et l'action est arrêtée au bout de très peu de temps, parce que l'iodure de nickel n'est pas réduit par H.

On pouvait penser que la réduction des dérivés chlorés aliphatiques aurait lieu d'une manière analogue. Il n'en est rien. L'halogène est bien enlevé sous forme d'hydracide, mais le carbure ne se sature pas et l'on obtient un carbure

éthylénique, ou les produits de destruction de ce carbure :

$$CH^3CH^2CH^2Cl = CH^3CH{:}CH^2 + HCl.$$

Dans le cas des dérivés polyhalogénés, les éléments électronégatifs sont enlevés tous les deux s'ils appartiennent à deux atomes de carbone différents :

$$CH^3.CHCl.CH^2Cl + H^2 = 2HCl + CH^3.CH{:}CH^2.$$

Au contraire, ceux qui ont les halogènes sur le même atome de carbone conduisent à des carbures éthyléniques chlorés :

$$CH^3CH^2CHCl^2 + H^2 = CH^3CH{:}CHCl + HCl + H^2.$$

Des réductions directes de dérivés halogénés ont été réalisées aussi en faisant agir H sur divers composés chlorés, bromés, dissous dans un liquide approprié tenant en suspension du platine ou du palladium divisé.

L'enlèvement de l'halogène s'applique également à des molécules dont le groupe fonctionnel est stable vis à vis de l'H, particulièrement aux éthers acétiques chlorés et bromés. A 300°, l'éther monochloracétique est changé en éther acétique avec départ de HCl. Il en est de même du bromacétate d'éthyle. Les dérivés di- et trichlorés perdent successivement leur chlore et se transforment d'abord en éthers chlorés inférieurs, puis en éther acétique.

Le chlorure et le bromure de nickel étant réduits à 300°, le métal peut indéfiniment, dans toutes ces réductions, jouer le rôle de catalyseur (Sabatier et Mailhe).

Dans toutes les hydrogénations dont nous venons de parler, nous avons vu qu'il était nécessaire de maintenir le plus souvent la température du catalyseur dans le voisinage de 200°. Même dans ce cas, les amines primaires subissent déjà un dédoublement partiel en ammoniac et amines secondaires et tertiaires.

Il semble dès lors que les molécules deviendront d'autant plus fragiles que l'on pratiquera l'hydrogénation à température plus élevée.

C'est ce que l'on constate, lorsqu'on hydrogène les phénols au-dessus de 200°. Il se forme du benzène ou ses homologues et de l'eau. Les nitrophénols, qui donnent les amidophénols à basse température, se scindent en phénol et ammoniaque. A 220°, l'hydrogénation des quinonones fournit du phénol et de l'eau :

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}O\\O\end{matrix}\right. + 2H^2 = C^6H^5OH + H^2O.$$

Il suit de là que l'hydrogénation des molécules peu volatiles ne pourra plus avoir lieu d'une manière régulière, par voie sèche. Dans certains cas, cependant (anthracène), on arrive à une fixation normale d'H.

L'hydrogénation par voie humide permet de combler cette lacune. La substance à transformer est mélangée, à l'état liquide ou dissous, avec le catalyseur qui est maintenu en suspension par une agitation continue et assez rapide. Un courant d'H traverse la masse liquide, et à une température qui n'est jamais supérieure à 180°, la réaction se produit. On peut la favoriser en faisant réagir H sous pression.

La première idée de cette méthode revient à Leprince et Sieweks, qui l'employèrent en 1902 pour l'hydrogénation des huiles. En mélangeant ces corps gras liquides à du Ni divisé et dirigeant dans le liquide fortement brassé un courant d'H, on les transforme en corps gras solides. Avec des variantes dans le choix du catalyseur, dans la forme des appareils, cette méthode est appliquée aujourd'hui industriellement sur une vaste échelle.

Ce principe étant trouvé, on aurait pu penser que sa généralisation serait immédiate et que de nouveaux travaux allaient surgir aussitôt. Or, il fallut attendre cinq ans (1907) pour voir paraître un travail de Fokin sur le même sujet. Cet auteur utilisait le *noir de platine* pour transformer l'acide oléique en acide stéarique. L'année suivante, Willstætter, reprenant l'idée de Fokin, créait la méthode d'hydrogénation par voie humide au contact du noir de platine, que Vavon généralisa. En 1911, Breteau emploie le noir de palladium, et, en 1913, Brochet utilise le nickel. Enfin Paal et Amberger montrent que les métaux colloïdaux nobles sont d'excellents catalyseurs.

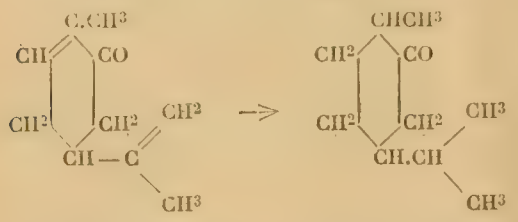
Les nombreuses hydrogénations effectuées par voie sèche peuvent l'être par voie humide.

Au contact des métaux nobles et particulièrement du platine, on peut fixer H sur les doubles liaisons aliphatiques et nucléaires, sur des molécules qui changeront ainsi de fonctions (aldéhydes, cétones). Mais, dans ce cas, les *aldéhydes* et les *cétones aromatiques* conduisent aux alcools correspondants.

La benzaldéhyde, l'aldéhyde anisique, la vanilline, etc., sont transformées en alcools. Une autre différence a lieu pour l'acide benzoïque, qui est changé en son dérivé hexahydrogéné.

Lorsque plusieurs fonctions se trouvent superposées dans la molécule, on les sature progressivement, en commençant par la plus facile. C'est ainsi que la *carvone* fixe successivement

2, 4, 6 atomes d'H pour se transformer finalement en carvomenthol (Vavon) :



Les solutions des métaux colloïdaux ajoutées à une solution alcoolique ou éthéro-alcoolique de la substance à hydrogéner permettent de fixer l'H sur les doubles liaisons nucléaires. La pyridine et les bases homologues (picolines, lutidines, collidines) sont changées en bases secondaires saturées, si la température ne dépasse pas 50°. Au-dessus, la chaîne s'ouvre et l'on obtient, dans le cas de la pyridine, par exemple, du pentane et de l'ammoniac.

Des noyaux complexes, comme ceux des alcaloïdes, sont saturés à l'endroit des doubles liaisons. La quinine est changée en dihydroquinine, et la cinchonidine absorbe jusqu'à 12 atomes d'H (Skita).

Avec le procédé au nickel par voie humide, Brochet a effectué un grand nombre d'hydrogénations. Il a constaté que les doubles liaisons des molécules aliphatiques sont facilement saturées à la pression ordinaire vers 80-100°; au contraire, les liaisons nucléaires ne peuvent être atteintes rapidement qu'à 130-180° sous une pression de 15 à 20 kg.

J'ai eu l'occasion d'appliquer récemment cette méthode à l'hydrogénation des bases de Schiff, qui sont ainsi transformées totalement en amines secondaires (inédit). Cette méthode simple et commode à effectuer peut remplacer avantageusement la méthode antérieure d'Ipatiew, dans laquelle l'hydrogénation est pratiquée à haute température et sous de fortes pressions.

§ 2. — Réactions d'oxydation

Nous avons vu que le platine sous ses diverses formes provoque un grand nombre d'oxydations, dont quelques-unes sont devenues classiques.

Ce métal absorbe de 60 à 80 fois son volume d'O à 450°-500°. Cette absorption correspondrait à la formule PtO. On peut admettre que, dans les réactions d'oxydation, le platine abandonne l'oxygène occlus, qui serait éminemment actif.

Parmi les nombreuses réactions d'oxydation qu'il peut effectuer, trois surtout sont importantes au point de vue industriel : 1° l'oxydation du gaz sulfureux ; 2° celle de l'ammoniac ; 3° celle du méthanol.

La fabrication de SO^3, au contact d'amiante platinée, chauffée à 400°, est trop connue pour que nous insistions sur ce procédé.

L'oxydation directe de l'ammoniac en acide azotique est théoriquement réalisable :

$$NH^3 + 4O = NO^3H + H^2O.$$

Mais, en raison de la température élevée de la réaction, l'acide azotique se détruit, de telle sorte qu'en présence du platine poli à 800°, c'est NO qui se forme.

La transformation de l'alcool méthylique en formol se fait d'une manière convenable au contact du noir de platine. Sur cette oxydation sont basées les lampes à formaldéhyde, dont l'une a été décrite par Trillat, dans le brevet anglais 8.575 en 1895.

La préparation de l'aldéhyde formique étant devenue une réaction industrielle importante, on comprend que beaucoup d'auteurs aient cherché à la perfectionner. Le grand nombre de brevets pris à ce sujet témoigne de tout l'intérêt que présente le problème. C'est sur l'emploi de l'argent comme catalyseur que sont basées la majorité des revendications. Ce métal est déposé sur amiante ou sur ponce ou utilisé à l'état de mousse. En 1913, Fokin a obtenu un rendement de 64,66 % en méthanal. L'or sur amiante a fourni 71 %. Dans un brevet allemand de l'Aktiengesellschaft, on utilise des couples de métaux : Ag-Pt, Ag-Rh, qui fourniraient un rendement de 96 % en aldéhyde formique.

Plus récemment, MM. Moureu et Mignonac ont montré que l'argent sur amiante constitue un bon catalyseur d'oxydation pour les alcools primaires et secondaires, qui sont changés en aldéhydes ou cétones, lorsqu'on dirige un mélange d'air et de vapeurs d'alcool sur ce catalyseur chauffé à 230°-300°. Les rendements en aldéhyde et cétone sont toujours voisins de 90 % ou supérieurs.

Enfin, j'ai montré avec M. de Godon qu'en présence du cuivre léger, l'oxydation des alcools primaires pouvait atteindre également la formation des acides.

§ 3. — Réactions de dédoublement

Si les métaux divisés peuvent fixer H à une température relativement basse, ils sont capables d'enlever cet élément à des molécules organiques variées, lorsqu'on les fait réagir à plus haute température. On sait d'ailleurs que, si le rôle du catalyseur consiste à accélérer une réaction, il doit aussi accélérer la réaction inverse.

Si le platine, par exemple, accélère la réaction :

$$SO^2 + O \rightarrow SO^3,$$

à une température supérieure à 500°, il effectue la réaction inverse :

$$SO^3 \rightarrow SO^2 + O.$$

Dès lors, il est facile de concevoir qu'à la grande majorité des réactions d'hydrogénation, qui se font à basse température, correspondront des réactions de déshydrogénation que le même catalyseur effectuera à une température plus élevée. Et c'est souvent à une réaction de dédoublement qu'est dû l'insuccès qui a été rencontré dans l'hydrogénation de certains composés.

Les métaux précieux, comme les métaux communs, sont susceptibles d'agir comme agents déshydrogénants. Ainsi, le noir de platine et le noir de palladium, qui fixent H sur le benzène pour le transformer en cyclohexane, détruisent celui-ci au-dessus de 200°, en régénérant les corps primitifs. Ni produit une action analogue.

Les alcools primaires et secondaires, qui se forment par hydrogénation des aldéhydes et des cétones, à 150-180°, au contact du nickel ou du cuivre, se détruiront à 250°-300° en H et aldéhydes ou cétones :

$$R.COH + H^2 \rightleftarrows R.CH^2OH,$$

$$R.CO.R' + H^2 \rightleftarrows R.CHOH.R'.$$

Les hydrures des composés cycliques, formés à basse température au contact du nickel, sont décomposés en H et hydrocarbure ou ses dérivés :

$$C^6H^{12} = C^6H^6 + 3H^2;$$
$$C^6H^{11}OH = C^6H^5OH + 3H^2;$$
$$C^{10}H^{12} = C^{10}H^8 + 2H^2;$$
$$C^6H^{11}NH^2 = C^6H^5NH^2 + 3H^2.$$

Le bornéol, au contact du cuivre à 300°, se change en camphre, réaction précieuse pour la dernière étape de la fabrication du camphre synthétique :

$$C^{10}H^{18}O = H^2 + C^{10}H^{16}O.$$

La pipéridine fournit la pyridine.

Les amines primaires, à 320-330°, sont transformées en nitriles au contact du nickel (Mailhe et de Godon) :

$$C^nH^{2n+1}.CH^2NH^2 = 2H^2 + C^nH^{2n+1}CN.$$

Les amines secondaires et tertiaires subissent un dédoublement à peu près semblable. Il y a encore formation de nitrile, mais un ou deux résidus attachés à l'azote se détachent sous forme de carbure éthylénique (Mailhe et de Godon) :

$$(C^nH^{2n+1}CH^2)^2NH = C^nH^{2n+1}CN + 2H^2 + C^nH^{2n} : CH^2.$$

A côté de ces réactions normales de déshydrogénation, il en existe de plus complexes, dans lesquelles l'enlèvement d'H est accompagné d'une dislocation moléculaire plus ou moins profonde, suivant la nature du catalyseur employé. C'est ce qui a lieu pour la décomposition catalytique des hydrocarbures aliphatiques. Les premiers termes, au contact du Ni, sont généralement décomposés en C et H avec formation de méthane. Au fur et à mesure que la chaîne carbonée devient plus complexe, la décomposition catalytique s'effectue en donnant des hydrocarbures de nature éthylénique, moins riches en carbone que ceux dont on est parti. Mais l'action trop violente du Ni les scinde en majeure partie en C et H. L'activité du cuivre étant moins grande que celle du nickel, il en résulte une décomposition plus régulière, sans formation notable de charbon. Aussi, en présence de ce métal, il est possible de préparer des hydrocarbures légers (éthers et essences de pétrole), soit avec le pétrole lampant, soit avec les huiles lourdes de pétrole, qui contiennent des hydrocarbures aliphatiques. M. Blanchet a obtenu jusqu'à 50 % d'essences dans une première catalyse.

Les hydrocarbures aryliques sont plus stables au contact des catalyseurs. Pourtant, à 500°, le benzène est détruit en C et H au contact du Ni divisé ; il résiste à peu près totalement à l'action du cuivre. Mais les homologues supérieurs perdent leurs chaînes latérales et tendent tous vers le benzène.

C'est une réaction de cette nature qui sera effectuée avec les hydrocarbures cycloforméniques, mais elle sera accompagnée d'une déshydrogénation consécutive du noyau, de telle sorte qu'en définitive on atteindra le benzène, le toluène et les xylènes, ou ces carbures partiellement hydrogénés. On voit immédiatement l'application de cette réaction dans le traitement des pétroles lourds de Bakou, qui pourront être transformés, au contact du cuivre à 600°, en éthers et essences de pétrole.

On peut dire que, d'une manière générale, tous les hydrocarbures à chaînes complexes se transformeront en carbures plus simples au contact des métaux catalyseurs et particulièrement du cuivre. L'activité du nickel et du fer est trop grande. Ces métaux conduisent à la formation d'une dose importante de charbon.

II. — CATALYSE PAR LES OXYDES MÉTALLIQUES

Un grand nombre d'oxydes métalliques peuvent servir de catalyseurs pour enlever de l'hydrogène ou de l'eau, ou pour fixer de l'oxygène sur les molécules organiques.

a) Les réactions de déshydrogénation, appliquées surtout aux alcools, sont peu intéressantes, car, dans bien des cas, il se produit en même

temps une action déshydratante et, lorsque l'enlèvement d'H a lieu exclusivement, le phénomène est moins important qu'au contact du cuivre.

b) Les réactions d'oxydation n'ont pas donné lieu jusqu'à présent à des travaux très nombreux.

Au contact d'oxydes irréductibles tels que Cr^2O^3, V^2O^5, etc., chauffés vers 200°, les vapeurs d'hydrocarbures forméniques sont brûlées en présence d'air. Les oxydes deviennent même incandescents, au point qu'il peut se produire des mélanges détonants très violents. Cette incandescence se maintient normalement lorsque des filaments d'amiante, imprégnés d'oxydes, sont préalablement chauffés et plongés ensuite dans des vapeurs d'éther (Matignon et Trannoy).

En dehors de l'oxydation de SO^2 au contact de l'oxyde ferrique, au point de vue industriel, c'est surtout du côté de l'oxydation catalytique de l'aldéhyde ordinaire que les travaux ont été dirigés. Cette aldéhyde, provenant de la déshydrogénation catalytique de l'alcool ordinaire, ou de l'hydratation catalytique de l'acétylène au contact de $HgCl^2$, constitue le point de départ de la fabrication de l'acide acétique. De nombreux brevets ont été pris pour réaliser cette transformation.

On a trouvé qu'elle avait lieu au contact d'air, en présence de traces de sels manganeux. Le peroxyde de cérium, CeO^2, qui tend à passer à l'état d'oxyde inférieur Ce^2O^3 et à s'oxyder de nouveau, donnerait de très bons résultats. Il en serait de même de tous les oxydes qui sont susceptibles de passer à des degrés différents d'oxydation par réduction et oxydation successives : oxydes de Cr, Va, Ur, Fe, etc.

c) Ce sont surtout des réactions de déshydratation que l'on a obtenues jusqu'à ce jour en présence d'oxydes métalliques. Elles ont conduit à certaines applications intéressantes.

Les oxydes métalliques les plus variés peuvent être employés pour effectuer ces déshydratations. Certains ont une véritable spécificité pour quelques réactions qui se produisent mal avec d'autres oxydes. Deux catalyseurs sont surtout employés : la *thorine* et l'*alumine*. Mais on peut se servir exceptionnellement de zircone, d'acide titanique, d'oxyde de tungstène.

On peut réaliser ainsi des déshydratations catalytiques :

1° sur des molécules organiques semblables;

2° sur deux molécules différentes.

Dans le premier groupe, on peut classer :

1° la déshydratation des alcools,

2° la déshydratation des phénols,

3° la déshydratation mixte des alcools et phénols,

4° la déshydratation des acides,

5° la déshydratation des éthers-sels,

6° la déshydratation de l'acétone et de l'aldéhyde.

1° La déshydratation des alcools au contact de l'alumine conduit à basse température (240°) à un éther-oxyde (oxydes d'éthyle, de propyle), et au-dessus de 350° au carbure éthylénique :

$$C^nH^{2n+1}OH = H^2O + C^nH^{2n}.$$

La thorine fournit exclusivement la seconde réaction, qui a lieu également d'une manière importante avec l'oxyde bleu de tungstène, Tu^2O^5.

D'ailleurs, l'aptitude que possèdent un grand nombre de composés, à déshydrater les alcools, nous permet de ne pas insister sur ce point.

2° La déshydratation des phénols est beaucoup plus délicate et, jusqu'à présent, il n'existe qu'un seul catalyseur permettant d'obtenir de bons résultats : c'est la *thorine*.

A une température de 400°, cet oxyde déshydrate régulièrement le phénol en donnant l'éther-oxyde, l'oxyde de phényle :

$$2C^6H^5OH = H^2O + C^6H^5OC^6H^5.$$

Le rendement en phényl-éther est compris entre 35 et 40 % ; mais, si l'on songe que le phénol non transformé peut être récupéré et soumis à un nouveau traitement, on voit qu'en définitive tout le phénol est changé en oxyde de phényle.

Cette méthode est devenue industrielle, et déjà plusieurs usines préparent le géranium artificiel par cette voie (Sabatier et Mailhe).

Lorsqu'on élève la température des catalyseurs jusqu'à 450-470°, il se produit une réaction secondaire, due à la déshydrogénation de l'oxyde de phényle formé, et l'on obtient l'oxyde de diphénylène :

$$C^6H^5OC^6H^5 = H^2 + C^6H^4 - C^6H^4 \quad (\text{O})$$

Les phénols homologues, crésols, xylénols, carvacrol, naphtols, conduisent à des résultats similaires. On prépare ainsi les oxydes de crésyle, de xylényle, etc., et les oxydes de crésylène, etc. (Sabatier et Mailhe).

3° On pouvait concevoir la formation d'oxydes mixtes des phénols et des alcools, qui pourraient être obtenus par la déshydratation mixte d'un phénol et d'un alcool sur la thorine. Effectivement, une telle réaction se produit également lorsqu'on catalyse un mélange d'un phénol et d'un alcool. La préparation de l'anisol, du phénétol, de la néroline, du yara-yara, peut être effectuée par voie catalytique.

Les mélanges de deux phénols différents conduisent également à des oxydes mixtes, tels que les oxydes de phényl-crésyle, de phényl-naphtyle, etc. Bien entendu, dans ces cas on obtient toujours une certaine dose des oxydes correspondant à chaque phénol, ainsi qu'une petite quantité des oxydes éthyléniques (Sabatier et Mailhe).

4° La déshydratation des acides par voie catalytique constitue sans nul doute une réaction importante pour la préparation des cétones. Au lieu de calciner le sel de chaux de l'acide, il suffit de diriger sur un catalyseur déshydratant, chauffé vers 400°, les vapeurs d'un acide.

C'est encore la thorine qui constitue le meilleur catalyseur dans ce cas (Senderens). Mais il n'est pas exclusif et il existe un grand nombre d'oxydes métalliques qui conduisent à des résultats très convenables pour la préparation des cétones. Nous citerons en particulier : CO^3Ca, Fe^2O^3, ZnO, CdO, MnO, ZrO^2, etc.

Le premier terme des acides de la série aliphatique, HCO^2H, mérite une mention spéciale. Il se décompose, en effet, de deux façons différentes, suivant le catalyseur employé. En présence des oxydes d'étain ou de zinc, à 300°, du palladium, du platine, vers 280°, il est scindé en $CO^2 + H^2$. Au contact d'oxyde de tungstène Tu^2O^5 ou d'anhydride titanique, il fournit $H^2O + CO$ (Sabatier et Mailhe).

Les homologues supérieurs, dirigés seuls sur de la thorine, conduisent aux cétones symétriques :

$$2RCO^2H = CO^2 + H^2O + RCOR.$$

Le mélange de deux acides aliphatiques fournit, en outre de l'acétone mixte :

$$RCO^2H + R'CO^2H = CO^2 + H^2O + RCOR,$$

les deux cétones symétriques correspondant à chaque acide, que l'on peut séparer, en général, par distillation fractionnée.

Les acides aromatiques, homologues de l'acide benzoïque, conduisent également à l'acétone symétrique. C'est, par exemple, le cas de l'acide phénylacétique, qui donne la dibenzylcétone symétrique :

$$2C^6H^5.CH^2.CO^2H = CO^2 + H^2O + (C^6H^5CH^2)^2CO.$$

L'acide benzoïque et les acides toluiques sont stables vis-à-vis des catalyseurs. Ils ne se transforment pas en cétones. La seule réaction que l'on constate est un dédoublement en CO^2 et benzène ou toluène. Mais ce dernier devient peu important lorsque ces acides sont opposés à des acides aliphatiques ou aromatiques, ce qui permet de préparer les cétones mixtes $C^6H^5.CO.R$ et $CH^3.C^6H^4.CO.R$.

On pouvait se demander si la méthode ne pourrait pas être généralisée et si la réaction qui fournit les aldéhydes par calcination d'un sel de chaux d'un acide avec le formiate de chaux ne serait pas susceptible d'être remplacée par la catalyse d'un mélange d'acide formique et d'un acide organique :

$$HCO^2H + RCO^2H = RCOH + CO^2 + H^2O.$$

Il était nécessaire, pour réaliser cette réaction, d'employer un catalyseur qui fût sans action notable sur l'acide, et dédoublant d'autre part l'acide forménique en donnant CO nécessaire à la formation de CO^2. Or, précisément, l'oxyde titanique répond à ces deux conditions lorsqu'il est porté à une température de 300°. Il est dès lors facile de préparer les aldéhydes en dirigeant sur cet oxyde un mélange des vapeurs d'acide formique et de l'acide à transformer (Sabatier et Mailhe). Si l'acide benzoïque donne des résultats médiocres, par contre les différents acides gras et aromatiques fournissent de bons rendements en aldéhydes.

5° On sait que les éthers-sels sont des corps très stables, qui résistent au dédoublement par l'action de la chaleur seule. Ce n'est qu'à des températures très élevées que la molécule se disloque. Pourtant, en chauffant en tube scellé, à 300°, le benzoate d'éthyle, M. Colson a obtenu de l'acide benzoïque et de l'éthylène.

En présence de catalyseurs déshydratants, le dédoublement des éther-sels est au contraire très aisé, à des températures relativement basses, comprises entre 300° et 400°.

On comprendra, d'après les études que nous avons faites sur la catalyse des alcools et des acides, que le catalyseur jouera un rôle important, puisque, selon le cas, il pourra dédoubler soit le résidu alcoolique, soit le résidu acide de l'éther, soit les deux à la fois. C'est en effet ce que l'expérience nous a démontré (Sabatier et Mailhe).

Ainsi, au contact d'alumine et de thorine qui effectuent la déshydratation des alcools et celle des acides, il se formera une cétone et un carbure éthylénique. L'acétate d'éthyle, par exemple, conduira à la réaction :

$$2CH^3.CO.OC^2H^5 = 2C^2H^4 + CH^3COCH^3 + CO^2 + H^2O.$$

Et comme l'action déshydratante de la thorine sur l'alcool est moins forte que celle de l'alumine, on retrouvera dans ce cas une certaine dose d'alcool non transformé.

Lorsque l'acide sera stable vis-à-vis des catalyseurs, la formation d'acétone n'aura pas lieu. C'est le cas des éthers benzoïques, toluiques,

qui se dédoublent en acide et carbure éthylénique :

$$C^6H^5\,CO^2C^2H^5 = C^6H^5CO^2H + C^2H^4.$$

Cette réaction a lieu aisément sur la thorine à 400°.

Enfin, si le catalyseur n'exerce aucune influence sur l'acide aliphatique, comme c'est le cas pour l'acide titanique, il en résultera que les éthers des acides aliphatiques fourniront un dédoublement analogue à celui que donnent les éthers benzoïques.

6° La déshydratation de l'acétone ordinaire peut s'effectuer par voie catalytique au contact d'oxydes déshydratants tels que la thorine, la zircone, l'alumine. A une température de 410-420°, elle fournit de l'oxyde de mésityle, accompagné d'une petite quantité de phorone (Mailhe et de Godon).

Tchitchibabine a condensé l'aldéhyde et la paraldéhyde, au contact des mêmes catalyseurs et de l'oxyde de titane, et il a obtenu l'aldéhyde crotonique. MM. Sabatier et Gaudion ont obtenu dans les mêmes conditions, à côté de l'aldéhyde crotonique, un produit de condensation plus avancée, l'hexanediénal, $CH^3.CH : CH.CH : CH.COH$, qu'ils ont transformé en hexanol par hydrogénation sur le nickel.

Enfin, en opposant l'alcool méthylique à l'acétone, Reckleben et Schleiber ont obtenu, sur l'alumine chauffée à 400°, l'hexaméthylbenzène :

$$3CH^3COCH^3 + 3CH^3OH = 6H^2O + C^6(CH^3)^6,$$

réalisant ainsi pour la première fois la synthèse catalytique en présence d'oxydes métalliques d'un hydrocarbure aromatique à partir de composés aliphatiques.

Avant d'abandonner ce chapitre, il nous paraît intéressant de signaler les condensations assez curieuses obtenues au contact des oxydes déshydratants, alumine, oxyde de Fe, Cr, Ti, Th. Tchitchibabine a montré qu'en dirigeant sur ces catalyseurs, à 300°, un mélange de gaz ammoniac et d'acétylène, il se forme des bases pyridiques (picolines et lutidines), ainsi qu'un peu de pyrrol :

$$2C^2H^2 + NH^3 = H^2 + C^4H^4NH \text{ (pyrrol)};$$
$$3C^2H^2 + NH^3 = H^2 + C^5H^4(CH^3)N \text{ (picolines } \alpha \text{ et } \beta);$$
$$4C^2H^2 + NH^3 = H^2 + C^5H^2(CH^3)^3N \text{ (collidines)}.$$

De même, au contact de H^2S ou de vapeur d'eau, l'acétylène fournit du furfurane et du thiophène :

$$2C^2H^2 + H^2S = C^2H^4S + H^2;$$
$$2C^2H^2 + H^2O = C^2H^4O + H^2.$$

Les déshydratations catalytiques effectuées par les oxydes sur deux molécules différentes conduisent à des synthèses organiques importantes : préparation d'éthers-sels, de mercaptans, d'amines, de nitriles.

1° L'éthérification résultant d'une élimination d'eau entre un acide et un alcool, il était aisé de prévoir que les éthers-sels pourraient se former en présence de catalyseurs déshydratants. Mais, pour effectuer la réaction, il était nécessaire de se placer dans des conditions telles que l'acide, l'alcool et l'éther-sel résultant ne soient pas décomposés. Il fallait donc faire le choix d'une bonne température et d'un catalyseur convenable. Or, à 300°, TiO^2 n'exerce, nous l'avons vu, qu'une faible action sur les corps précités. C'est donc lui qui paraissait devoir convenir pour préparer les éthers-sels. L'expérience a parfaitement confirmé cette manière de voir, et l'on peut éthérifier aisément, au contact de TiO^2, les divers acides aliphatiques et aryliques, par les différents alcools (Sabatier-Mailhe).

Au contact d'alumine à 400°, les éthers chlorhydriques se forment facilement.

2° L'éthérification de l'acide sulfhydrique par les alcools se fait au contact d'un très grand nombre d'oxydes (ThO^2, ZrO^2, U^2O^3, Tu^2O^3). On obtient les mercaptans correspondants :

$$ROH + H^2S = RSH + H^2O.$$

Le thorium donne les meilleurs résultats et, si sa température est bien réglée, on obtient des rendements importants (Sabatier-Mailhe).

La réaction est moins importante avec les phénols; elles est qualitative.

3° Berthelot a montré que l'on pouvait préparer les amines en chauffant les alcools avec NH^4Cl. Celui-ci subissant la décomposition en NH^3 et HCl, la réaction se borne en somme à une élimination d'eau entre l'OH alcoolique et un H de NH^3 :

$$ROH + NH^4Cl = HCl + RNH^2 + H^2O.$$

Cette déshydratation peut avoir lieu par voie catalytique, au contact d'oxyde de thorium à 350-380°, en catalysant un mélange des vapeurs d'alcool et de gaz NH^3.

Les amines primaires réagissent elles-mêmes sur une molécule d'alcool pour donner une amine secondaire :

$$ROH + R'NH^2 = RNHR' + H^2O.$$

Il est impossible d'éviter, dans ces transformations, la production d'une notable quantité de carbure éthylénique provenant de la déshydratation de l'alcool. Il en résulte que l'on a affaire, dans ce cas, à une méthode de formation d'amines plutôt qu'à une méthode de préparation.

4° C'est surtout en présence des aldéhydes, des acides et de leurs dérivés que la réaction de

l'ammoniaque devient intéressante. A une température de 480-500°, l'alumine et la thorine produisent une action déshydratante qui fournit le nitrile :

$$RCOH + NH^3 = RCN + H^2O + H^2 \quad \text{(Mailhe et de Godon)};$$

$$\left.\begin{array}{l} RCO.OH + NH^3 = RCN + 2H^2O; \\ (RCO)^2O + 2NH^3 = 2RCN + 3H^2O; \end{array}\right\} \text{(Van Epp et Reid)};$$

$$RCO.OC^2H^5 + NH^3 = RCN + C^2H^5OH + H^2O \quad \text{(Mailhe)};$$

$$RCO.Cl + NH^3 = RCN + HCl + H^2O \quad \text{—}$$

$$CO \quad + NH^3 = RCN + H^2O \quad \text{(Mailhe et de Godon)}.$$

Les amines primaires réagissent également avec facilité sur les éthers-sels pour donner des nitriles (Mailhe) :

$$RCO.OC^2H^5 + C^2H^5NH^2 = RCN + 2H^2O + 2C^2H^4.$$

III. — Catalyse par les acides et les sels

Les acides minéraux et les sels métalliques exercent dans certains cas de véritables actions catalytiques importantes.

C'est grâce à la présence d'acides minéraux (HCl, SO^4H^2) que s'effectue aisément la formation des différents éthers-sels. Il suffit de 3 % d'acide pour accélérer énormément l'éthérification, et les recherches faites à ce sujet montrent qu'elle serait due à une action spéciale catalytique des ions H de l'acide adjuvant.

Les acides minéraux, qui réalisent cette réaction, effectuent également l'action inverse de saponification, puisque les éthers-sels sont décomposés catalytiquement en acide et alcool lorsqu'on les chauffe à l'ébullition en présence d'acides minéraux en solution aqueuse diluée. C'est le phénomène de l'*hydrolyse*.

Or, en 1907, M. Haller a montré que la réaction de saponification des éthers-sels peut être effectuée par l'alcool absolu (méthanol ou éthanol) en présence d'une petite quantité d'HCl (2 %). Les acétates et benzoates de bornyle, traités par le méthanol chlorhydrique à 1 %, donnent du borneol et les acétate ou benzoate de méthyle. Cette alcoolyse est également due à une catalyse par les ions H, comme l'hydrolyse.

L'emploi des sels catalyseurs peut avoir lieu en milieu liquide ou en milieu gazeux.

Dans le premier cas, nous citerons la réaction de Friedel et Crafts, trop connue pour que nous ayons besoin d'insister. Mais, dans cette préparation des homologues du benzène, nous voyons déjà s'introduire la propriété que possède le catalyseur d'effectuer la réaction inverse. Et en effet, dans l'équation :

$$C^6H^6 + RCl = C^6H^5R + HCl,$$

on trouve que des groupes alcoyles sont éliminés à nouveau avec formation de chlorures correspondants. Cette réaction inverse diminue souvent beaucoup le rendement dans la synthèse des carbures aryliques.

Dans la réduction des dérivés nitrés aromatiques, on sait que la quantité d'acide employé pour fournir H nécessaire à la transformation du résidu NO^2, est bien inférieure à la quantité calculée. Cela tient à ce que le chlorure ferreux formé est un catalyseur de réduction, qui, en présence d'eau, réduit NO^2 en se transformant en chlorure basique $FeCl^2$-O-$FeCl^2$, qui réagit à son tour sur le fer, pour régénérer le sel ferreux :

$$4FeCl^2.O.FeCl^2 + 3Fe = Fe^3O^4 + 8FeCl^2.$$

Et la vitesse de la réaction dépendra de la quantité de $FeCl^2$ présent.

Parmi les réactions catalytiques effectuées par voie sèche, à l'aide des sels métalliques, il n'en existe jusqu'à présent qu'un petit nombre, et de ce côté le champ est encore largement ouvert. Quelques exemples montreront la variété de ces catalyseurs.

1° L'action des chlorures métalliques, et particulièrement de $BaCl^2$, permet de réaliser l'enlèvement des hydracides dans les chlorures forméniques, à 300° :

$$C^nH^{2n+1}Cl = HCl + C^nH^{2n}.$$

L'intérêt de cette méthode réside moins dans la préparation du carbure éthylénique que dans l'isomérisation qui se produit par suite de l'action qu'exerce HCl sur le carbure, qui est ainsi transformé en chlorure secondaire ou tertiaire (Sabatier-Mailhe) :

$$CH^3.CH^2.CH^2Cl \longrightarrow CH^3.CHCl.CH^3.$$

2° Le sulfure de cadmium constitue un catalyseur des thiols qu'il change en sulfures neutres :

$$2C^4H^{10}SH = H^2S + (C^4H^{10})^2S.$$

3° L'alun calciné permet de préparer, à 180-190°, l'éther ordinaire et les divers éthers-oxydes aliphatiques, par déshydratation des alcools (Mailhe et de Godon) :

$$2C^2H^5OH = H^2O + C^2H^5OC^2H^5.$$

IV. — Conclusions

On voit par cet aperçu général la grande variété des réactions catalytiques. Il nous a été impossible de les signaler toutes, et beaucoup d'entre elles, bien que s'appliquant seulement à quelques cas particuliers, sont d'un puissant intérêt.

Ce que l'on peut dégager tout d'abord de cette étude, c'est que certains catalyseurs possèdent une véritable spécificité pour certaines réactions, qui ne se produisent pas ou ont lieu d'une manière faible en dehors d'eux. Ils se comportent ainsi comme des ferments ou du moins comme les diastases qu'ils sécrètent.

Quel rôle joue le catalyseur? A-t-il une action chimique ou une action physique ? On n'est pas bien d'accord sur ce point.

D'après certains savants, c'est à la formation de combinaisons temporaires instables qu'il faudrait attribuer l'action catalytique. Et, de fait, cette idée nous a souvent guidés avec M. Sabatier dans tous nos travaux.

D'autres, au contraire, admettent que les catalyseurs jouent un rôle purement physique, qui permet seul d'expliquer certains phénomènes.

Dans une réaction catalytique, interviennent un grand nombre de facteurs qui peuvent faire varier les rendements : surface du catalyseur, masse du catalyseur, température, pression, vitesse de passage des corps à transformer. Nous avons montré récemment, avec M. de Godon, l'influence que jouent ces divers facteurs dans la préparation par voie sèche de l'éther ordinaire.

Les réactions catalytiques sont des réactions simples et doivent retenir l'attention des chimistes. D'une exécution facile et rapide, elles permettent d'obtenir en très peu de temps au laboratoire des produits d'une très grande pureté : carbures, alcools, aldéhydes, cétones, amines, nitriles, thiols, éthers, etc. Comme elles n'exigent qu'une très faible surveillance, il est aisé de faire marcher plusieurs appareils à la fois.

Déjà, un grand nombre d'entre elles sont devenues industrielles. Ce sont la synthèse directe de l'ammoniac, la fabrication de l'anhydride sulfurique, l'hydrogénation des huiles, la préparation de l'essence de géranium artificielle, etc.

La catalyse est encore à ses débuts, et il reste un grand nombre de synthèses à effectuer : transformation des chlorures aliphatiques et aryliques en amines par action de l'ammoniac, formation de l'aniline à partir du phénol, pour ne citer que deux des plus importantes.

Mais il en est d'autres que l'on peut réaliser aisément. C'est ainsi que j'ai préparé avec M. de Godon les anilines alcoylées, les toluidines et xylidines alcoylées (diméthyl et diéthylanilines, etc.), par catalyse directe des amines phénoliques avec les alcools, au contact d'alumine. Cette méthode permet de supprimer les hautes pressions nécessaires actuellement pour leur fabrication.

Avec M. Blanchet, nous avons préparé de grandes quantités de méthyléthylbenzène, par catalyse de l'essence de térébenthine, que j'ai fait connaître avec M. Sabatier. Avec cette matière première, j'ai effectué la synthèse d'un grand nombre de ses dérivés. J'ai préparé, en particulier, toute une série de cétones nouvelles :

$$C^6H^3-\begin{cases} C^2H^5 \\ CH^3 \\ COR \end{cases}$$

dont l'hydrogénation catalytique sur nickel m'a conduit à des hydrocarbures aryliques nouveaux :

$$C^6H^3-\begin{cases} C^2H^5 \\ CH^3 \\ CH^2R. \end{cases}$$

Toutes ces réactions sont encore inédites.

On voit que le champ de la catalyse est encore largement ouvert et il est permis de penser que beaucoup de réactions de la Chimie organique pourront avoir lieu par voie catalytique en ayant bien soin de choisir la nature et les conditions de l'activité du catalyseur.

Alph. Mailhe,
Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

REVUE D'ETHNOGRAPHIE

La dure période que nous venons de traverser fait toujours sentir ses effets, et les ethnographes n'ont guère pu, jusqu'à présent, reprendre leurs travaux. La crise de l'imprimerie vient encore compliquer la situation, et les sociétés scientifiques ne peuvent pas faire paraître régulièrement leurs Bulletins, qui sont consacrés aux travaux les plus urgents.

***

Le Dr Huck, qui a eu, à Menton, l'occasion de soigner des Alsaciens et des prisonniers originaires des provinces allemandes du Rhin, a comparé ces différents sujets au point de vue somatique. Malgré le chiffre restreint des individus qu'il a observés, le Dr Huck est arrivé à conclure que les Alsaciens et les Lorrains ont conservé jusqu'à l'époque actuelle le type celtique, conclusions auxquelles était déjà arrivé le Dr Blind, de Strasbourg, qui avait fait avant la guerre une enquête anthropologique sur les habitants de l'Alsace et les crânes réunis dans les ossuaires.

Le pays de Bade, primitivement habité par les Celtes, a subi plus de transformations, puisqu'on y trouve un nombre de blonds plus élevé qu'en

Alsace. Les autres données somatologiques indiquent que le type celtique s'est mieux conservé dans la région montagneuse que dans la plaine.

Dans le *Bulletin de la Société de Géographie*, M. P. Taric insiste sur l'importance et la prépondérance des descendants des Français à l'île Maurice, dite jadis île de France.

Nous devons attirer l'attention sur un volume de M. Louis Vignon, intitulé : *Un programme de politique coloniale*, dont M. G. Regelsperger a déjà donné une analyse dans la *Revue générale des Sciences;* nous nous permettons de reprendre ce travail, parce qu'une grande partie en est consacrée à l'étude ethnographique des indigènes de nos colonies, étude servant de base pour l'établissement d'un programme politique colonial. Tout le monde approuvera cette excellente méthode, et il serait à souhaiter que tous ceux qui s'occupent de nos colonies s'en inspirassent.

Nous n'avons pas, ici, à prendre parti pour tel ou tel régime qui conviendrait le mieux aux indigènes de races diverses qui peuplent nos colonies. Pour M. Vignon, le régime idéal serait le protectorat, mais il faut se garder de généraliser à l'excès, et il faut tenir compte des cas particuliers. Pour l'Afrique, par exemple, le même système ne réussira pas chez les Kabyles sédentaires ou chez les Touareg nomades. Ces derniers surtout doivent progressivement être préparés à nous comprendre et à se soumettre à notre civilisation, dont ils ignorent le but et qui les gêne beaucoup, avant de pouvoir vivre en paix à côté de nous.

C'est pourquoi l'auteur recommande expressément d'étudier la mentalité des indigènes et le degré de développement dont leur intelligence est capable, de ménager leurs croyances qui, souvent, ne sont pas plus absurdes que les nôtres.

La partie consacrée à l'étude des civilisations noires, arabes ou mieux islamiques, et annamites, révèle ce que ces groupes ont de tendances communes et par quoi ils diffèrent. On arrive ainsi à constater que, chez les races dites inférieures, restées dans un état à peu près primitif, certaines idées sont communes, telles le fétichisme, la croyance à la magie, à la sorcellerie, l'esclavage, etc.

Dans le même ordre d'idées, nous relevons : de M. Chantre, *Contribution à l'étude des races humaines du Soudan occidental, Sénégal et Haut Niger*, parue dans les *Bulletins* de la Société d'Anthropologie et de Biologie de Lyon, ainsi que les *Etudes africaines, les Bambaras*, mœurs, coutumes, religion, par M. Barbier. M. Desparmet, dans le *Bulletin de la Société de Géographie d'Alger et de l'Afrique du Nord*, a publié le résultat de ses recherches sur l'*Ethnographie traditionnelle de la Mitidja*.

L'Anthropologie a publié, de M. Grandidier, *La religion des Malgaches*, et de Mme Poupon, *Etude ethnographique de la tribu Kouyou*.

M. Foucart a publié au Caire un *Questionnaire préliminaire d'ethnologie africaine*, destiné à servir de guide dans les enquêtes et les études ethnologiques, sociologiques, linguistiques, religieuses, etc., se rapportant aux populations africaines.

Le *Bulletin du Comité de l'Afrique Française* de 1918 donne un intéressant article intitulé : *Féticheurs, Revenants et Poisons d'épreuve en Afrique équatoriale*, de M. S.H. Marchand, administrateur des colonies. L'auteur démontre que les noirs ont surtout peur des revenants, peur exploitée par les esprits forts. L'influence des Européens a pu se faire sentir, mais sans arriver à faire disparaître entièrement cette superstition. Parmi les esprits forts, il faut ranger les féticheurs-guérisseurs et les féticheurs-devins; le premier perd heureusement de son influence devant l'intervention de nos médecins coloniaux, dont l'action civilisatrice est enfin reconnue.

Dans le *Bulletin du Comité d'Etudes historiques et scientifiques de l'Afrique Occidentale Française*, on trouve à côté de nombreuses études scientifiques du sol, du climat, des maladies, quelques documents ethnographiques intéressants. Citons entre autres : les *Touareg de la boucle du Niger*, par le colonel Mangeot et Paul Martey ; l'étude de l'*Hygiène de la bouche chez les indigènes du Sénégal*, par S. Semmet, qui attribue l'usage du sotiou, sorte de brosse à dents naturelle dont se servent constamment tous les indigènes, au besoin d'insalivation qu'exige la digestion des matières amylacées qui constituent l'alimentation presque exclusive de ces noirs.

Dans cette même année 1918, le Bulletin commence une étude de P. Humblot, intitulée : *Du nom propre et des appellations chez les Malinké des vallées du Niandan et du Milo*. Les noms propres sont le plus souvent des surnoms. La richesse de la langue et la tournure d'esprit ont créé chez ces Peuls des manières diverses de désigner les personnes. Les noms des petits enfants sont généralement des diminutifs. La plupart des noms d'origine arabe ont des doublets dont la synonymie tire son origine des traditions coraniques ou locales.

Dans le même numéro, Ben Hamouda, Professeur à la Medersa de Tombouctou, a recueilli un certain nombre de *Proverbes Songaï* qui ne diffèrent pas des nôtres comme sens. Ex. : « La personne dont le père a été tué par un serpent a

peur si elle voit la bordure noire d'une natte. » — Chez nous on dit : « Chat échaudé craint l'eau froide. »

Le même Ben Hamouda a encore recueilli un certain nombre de *Devinettes Songaï*, qui font penser à nos jeux de société.

Les *Populations primitives de l'Adrar mauritanien* ont été l'objet des études du lieutenant-colonel Modat, qui a rencontré sur de nombreux points de l'Adrar des traces de l'activité humaine primitive indiquant que la région fut autrefois très peuplée.

Tumuli, débris de poteries, armes et outils de pierre polie sont du type néolithique saharien ; quelques échantillons appartiennent, semble-t-il, au néolithique berbère. Le paléolithique ne paraît pas avoir eu d'importance.

Parmi les documents néolithiques, il faut signaler les rochers gravés avec représentations de la faune et inscriptions berbères en caractères tifinars.

L'auteur suppose que la grande majorité des populations de l'Adrar à l'époque néolithique étaient de race noire. Elles n'ont pas laissé de traces d'habitations ; c'étaient probablement des agriculteurs qui habitaient des cases en paille.

A côté de ces populations noires existaient des représentants de la race blanche, dont les traces peu nombreuses sont localisées à l'intérieur du plateau, dans des points défilés et d'accès difficile.

De ces données l'auteur rapproche les renseignements laissés par les historiens anciens et les traditions locales.

M. F. de Kersaint-Gilly, administrateur adjoint des Colonies, a eu l'occasion d'assister à une cérémonie du *Nama* chez les Malinké du Bakoy et du Bafing. Le Nama, ou sorcier, est une puissance avec laquelle il faudra longtemps encore compter ; son influence occulte se révèle dans les circonstances graves, et on aurait souvent intérêt à s'en servir. Mais ces croyances sont déjà pas mal émoussées, par l'instruction chaque jour plus répandue, et du fait que nombre d'indigènes ont été soldats.

Parmi les nombreux travaux signalés par le *Bulletin*, et dont nous regrettons de ne pouvoir donner de compte rendu, signalons : de M. L. Tauxier : *Le Noir du Yatenga*, Paris, 1917 ; *Les rites fétichistes chez les Séréres du Baol*, par M. Diguy Kanté ; *La Côte d'Ivoire, le pays, les habitants*, par M. Gaston Joseph ; *En Mauritanie, La tribu maraboutique des Oulad Biri*, par M. Etienne Richet, dans le tome LXXVI de la collection de la *Réforme sociale*.

En Indochine, le lieutenant-colonel Bonifacy a professé pour les élèves de l'Ecole supérieure d'Agriculture et de Sylviculture de Hanoï un cours d'Ethnographie indochinoise que nous regrettons de ne pas posséder, car la compétence du conférencier est reconnue par tous ceux qui l'ont approché.

La *Gazette des Beaux-Arts* publie dans son numéro de juillet-septembre 1919, sous la signature de MM. Henri Clouzot et A. Level, un article consacré à *l'Art nègre*. Ce titre a un peu étonné les lecteurs habituels de cette revue, mais a attiré l'attention des ethnographes. Il s'agit en effet de sculptures sur bois des nègres d'Afrique, sculptures presque exclusivement religieuses et qui sont bien représentées dans les musées. Elles ne remontent pas en général à une antiquité reculée, cent ou cent cinquante ans peut-être.

Il y a certainement des points de rapport entre l'art nègre et l'art égyptien, mais il est difficile d'admettre l'idée du comte de Gobineau, qui voyait dans la race noire la source même du génie artistique de l'Egypte. L'art nègre est essentiellement hiératique ; ce n'est pas l'art d'un individu, d'un village, d'une tribu, c'est l'art d'une race ; il disparaît sous l'influence de l'islamisme et du christianisme, mais c'est un art incontestable qui mérite d'être sauvé du néant. Les auteurs ont d'ailleurs en préparation un livre dans lequel ils consacrent un chapitre au parallélisme de l'art sauvage d'Afrique et de celui de l'Océanie.

Le Dr Robert Chapelain-Jaurès a pris comme sujet de thèse *La pathologie dans l'Egypte ancienne*, basée nécessairement sur les documents fournis par les papyrus anciens et par les momies exhumées dans ces dernières années et étudiées par Elliot Smith. Les éléments anatomiques ont pu être soumis à un examen histologique assez précis, grâce à des procédés de macération assez compliqués. D'après l'auteur, le facteur principal de la conservation des cadavres est la sécheresse du climat d'Egypte ; nous savions déjà que c'est par la sécheresse du climat des hautes régions des Andes qu'il faut expliquer la conservation des momies péruviennes.

Les embaumeurs égyptiens procédaient par l'immersion dans la solution dite de natron (Hérodote) et le remplacement des viscères par du sable ou de la sciure de bois. Les maladies identifiées jusqu'à présent sont : les tuberculoses osseuses, l'athérome artériel, la pneumonie, la cirrhose du foie, les abcès du rein, les calculs vésicaux, certains helminthes ; mais l'étude histologique de la peau n'a pu déterminer qu'il s'agissait de nègres, ce qui n'est pas en contra-

diction avec l'hypothèse admise jusqu'ici que les Egyptiens appartenaient à une race blanche.

M. Mendes Correa, professeur d'Anthropologie à la Faculté des Sciences de Porto, a fait paraître dans l'*American Journal of physical Anthropology*, 1919, un article sur l'*Origine des Portugais*, qui est une sorte de résumé des différents travaux publiés sur ce sujet et des communications faites aux congrès internationaux d'Anthropologie et d'Archéologie préhistorique tenus à Lisbonne, Nîmes, Bruxelles et Paris.

En 1871, Carlos Ribeiro avait trouvé de nombreux éolithes qu'il attribuait à l'homme tertiaire, dénommé pour cela *Homosimius Ribeiroi* par Gabriel de Mortillet, mais rien n'est venu, depuis, étayer cette hypothèse. Par contre, les industries chelléenne, acheuléenne, moustérienne, sont indubitablement représentées associées à des fossiles caractéristiques, mais sans ossements humains.

Un crâne isolé, semblable à Furfooz n° 2, a été trouvé dans la vallée de l'Aricero dans un terrain quaternaire, mais il n'est pas suffisamment daté et reste douteux. Les découvertes les plus importantes ont été faites dans les débris de cuisine de la vallée du Tage, qui contenaient des ossements associés à des outils de pierre et d'os; il s'agit d'environ deux cents squelettes, surtout d'enfants et de femmes, que Breuil date du Tardenoisien (fin du Quaternaire). Cette population vivant de chasse et de pêche serait d'origine méridionale, méditerranéenne ou africaine, mais le type physique n'est pas homogène; on croit y reconnaître cinq types.

L'homme néolithique a laissé de nombreuses traces bien caractéristiques : dolmens, tumuli, camps ou villages fortifiés. La période énéolithique est également bien représentée.

Laissant de côté les légendes qui font descendre les habitants du Portugal de personnages mythologiques, il faut reconnaître que, malgré de nombreuses immixtions étrangères, le Portugais actuel présente les caractères de la race néolithique de Baumes-Chaudes dans les montagnes; dans les plaines, on rencontre le type nordique en même temps que le type sémito-phénicien, ce qui s'explique par la situation géographique du Portugal, aux côtes accessibles, et par les diverses occupations étrangères.

Nous signalerons comme mémoire original la publication dans *L'Anthropologie*, par M. l'abbé Breuil, des peintures rupestres de la Péninsule ibérique (t. XX, XXII, XXIII, XXVI et XXIX). Parmi les dessins classiques, M. Breuil a relevé certaines figures peintes en rouge qui sortent de l'ordinaire; ce sont : 1° un arceau rouge entouré de ponctuations blanches; 2° des barres également entourées de ponctuations blanches; un groupe de ces barres pourrait représenter des pieds humains.

La Péninsule balkanique fait beaucoup parler d'elle et l'on voudrait pouvoir se faire une opinion sur les populations qui l'habitent. Mais c'est une question bien complexe, que différents auteurs ont cherché à résoudre avec plus ou moins d'impartialité. Citons d'abord *La Péninsule balkanique, géographie humaine*, par M. Yovan Cvijic (Paris, 1919). Les cartes qui accompagnent cet important ouvrage donnent une idée du mélange de peuples divers habitant la péninsule.

Au point de vue religieux, on y trouve répartis de tous côtés des catholiques, des orthodoxes, des musulmans, des juifs, vivant côte à côte et se détestant mutuellement. Au point de vue race, nous trouvons surtout des Slaves, parents des Russes du nord, mais portant des noms divers : Serbo-Croates, Slovènes, Bulgares, confondus sous le nom de Yougoslaves, ou Slaves du sud, mais pratiquant les diverses religions ci-dessus. A côté d'eux, sont des Grecs, des Roumains, des Turcs, des Tartares, des Magyars, des Albanais, sans compter les Italiens et les Allemands. Toutefois, l'idée d'appartenir à une même race a mené à une nationalité commune qui se réalise actuellement. M. Gallois a publié dans les *Annales de Géographie* une analyse qui a évidemment un but surtout politique. M. A. Belitch, professeur à l'Université de Belgrade, a, dans le même ordre d'idées, publié un volume sur la *Macédoine*. La Bulgarie, rivale de la Serbie, a, pour défendre sa cause, inspiré des publications, entre autres des cartes ethnographiques et historiques que M. Belitch réfute dans un article paru dans la *Patrie serbe*.

M. Miodrac Ibrovac a fait à l'Ecole des langues orientales un cours sur la langue serbo-croate et ses rapports avec les autres langues slaves. Tandis que le tchéco-slovaque appartient au groupe occidental, au groupe méridional des Yougoslaves appartient le slovène, parlé par un million et demi d'habitants de la Carniole, de la basse Styrie, de la basse Carinthie, d'une partie de l'Istrie, à Trieste et aux environs et dans le comté de Gorica; c'est une langue très proche, presque un dialecte, du serbo-croate.

La langue serbo-croate, la plus répandue, est parlée par onze millions de Serbo-Croates, qui

habitent la Serbie actuelle, une partie de la Grèce et de l'Albanie, le Montenegro, la Bosnie-Herzégovine, la Dalmatie et ses îles, une partie de l'Istrie, la Croatie, la Slavonie, le Medjumurge, la Baronja, la Syrmie, la Batchka et le Banat. Cette langue a une littérature dont les débuts remontent au xe siècle par la traduction de livres liturgiques ; elle se perfectionne vers le xviie siècle et trouve des poètes ; étouffée par les Autrichiens, elle se réveille de nouveau avec des poètes populaires. N'oublions pas que les traces de l'occupation française, sous Napoléon Ier, persistent encore.

Le *Bulletin de la Société de Géographie* renferme un travail du colonel Bogidarovitch, où l'on trouve de nombreux renseignements ethniques sur Trieste, Goritzia, l'Istrie, Fiume, la Dalmatie, le Banat.

Parmi les auteurs qui se sont encore occupés de cette question, citons M. A. Chaboseau, avec son livre *Les Serbes, Croates et Slovènes* (1919), et la conférence de M. E. Denis, professeur à la Sorbonne, *Du Vardar à l'Istrie*, et nous sommes bien incomplet.

M. Arcilli est par contre l'auteur d'un pamphlet : *Et le Monténégro ? Exposé de la question balkanique*, s'élevant contre les prétentions serbes et tendant à prouver que le Monténégro peut tenir sa place dans une vraie Yougoslavie, mais non comme un département serbe.

***

L'année dernière, nous avons parlé de l'article publié par le professeur Verneau sur les fameuses statues Hindenburg dans lesquelles les Allemands fanatisés plantaient des clous. Le professeur G. Bellucci, reprenant la question de plus haut, mais également au point de vue ethnographique, vient de publier à Pérouse un petit volume, *I chiodi nell' etnografia antica e contemporanea*. Après un chapitre consacré à l'emploi des monuments à clous durant la guerre, en Allemagne, en Autriche et en Turquie, l'auteur nous démontre que c'est la persistance d'un usage très ancien, puisqu'on le retrouve chez les Grecs, les Etrusques, les Romains, etc. Les clous enfoncés dans des statues, primitivement en bois, furent plus tard plantés dans les murs voisins, soit pour faire réussir un vœu, soit pour créer un maléfice. Le clou a toujours joué un rôle considérable comme amulette et plus tard comme ornement. C'était aussi un talisman contre la foudre. Dans un grand nombre de tombes anciennes, on retrouve des clous en métal qui n'avaient pas la destination du clou ordinaire, puisque le plat des têtes est orné de dessins en relief que la frappe du marteau aurait fait disparaître. L'auteur rapproche de l'usage du clou Hindenburg l'habitude qui existe, dans certaines provinces, d'enfoncer des épingles dans certaines statues de saints ou dans des croix en bois, coutume qui a un autre but. En Italie, il existe une phrase qui correspond à l'expression française « river son clou » avec le même sens, qui serait également une survivance de l'ancienne superstition attachée au clou.

Il résulte de tout cela qu'en Palethnographie et en Ethnographie le clou enfoncé dans les monuments a joué un rôle important. Ses divers emplois paraissent à première vue avoir des origines psychologiques suivant les époques, les régions et les différents degrés de civilisation ; et cependant ils partent d'une idée très ancienne et très persistante ; en enfonçant un clou, on fixe un fait, une idée, on réalise un vœu. C'est dans le même ordre d'idées que des clous sont enfoncés à certaines dates, lors d'événements importants.

Chez les Anciens, le clou était un symbole de la mort et c'est pourquoi on le trouve si fréquemment dans les tombes. Le fait d'enfoncer un clou dans un fétiche, une statue de saint, un tronc d'arbre, ancienne divinité des Celtes, avait pour but d'attirer l'attention de la divinité sur l'opérateur et ses intentions. L'emploi du clou en Allemagne pendant la dernière guerre n'est en somme qu'un retour à de vieilles superstitions persistant à l'état latent chez ce peuple qui prétend tenir la tête de la civilisation.

***

De tout temps, les Suisses ont essaimé dans le monde et les derniers événements ont sans doute favorisé ces exodes généralement temporaires. M. E. Godet, ingénieur diplômé, chargé de procéder à divers travaux de régularisation de lagunes et à la construction d'une usine hydro-électrique sur le haut plateau des Andes péruviennes, a profité de son séjour au Pérou pour décrire (*Bulletin de la Société neuchâteloise de Géographie*, 1918) la région de Huancavelica, tant au point de vue géologique, hydrographique et climatérique, qu'au point de vue de la flore, de la faune et de la population ; ce dernier chapitre nous intéresse plus spécialement.

La Sierra péruvienne est habitée par les Quichuas, dont sortit jadis la fameuse royauté des Incas, mais qui sont aujourd'hui en voie de complète dégénérescence, vivant dans de misérables huttes et abrutis par l'alcool ; le riche exploite le pauvre et le maintient dans l'abrutissement. L'Indien qui travaille dans les mines mène une

vie plus confortable, parce que le voisinage des étrangers lui apporte une certaine aisance ; plus ou moins sédentaire, il a conservé son originalité, tandis que le *cholo* ou métis est généralement pauvre, ignorant, sale, paresseux et menteur, bien souvent ivrogne et voleur. Ce dernier est de taille moyenne, il a le teint jaune-brun olivâtre, le système pileux peu développé ; la chevelure des femmes est courte et d'un beau noir, le nez est camus, les pommettes saillantes, les yeux légèrement bridés, la dentition belle. Sa principale qualité est sa longue patience, sa grande endurance à la marche, son indifférence aux intempéries, à la condition de pouvoir mâcher et chiquer sa coca.

Les feuilles de coca sont entassées dans une sacoche en cuir ou en peau brute de lama, plus ou moins habilement décorée et portée en bandoulière ; la sacoche contient également la calebasse destinée à renfermer la chaux nécessaire.

Le cholo est très ignorant et ne sait en général ni lire ni écrire, mais la nouvelle génération sera peut-être plus instruite, parce que le Gouvernement subventionne des écoles très primaires. Il parle le quichua, mais comprend et parle un peu l'espagnol. Il compte d'après le système décimal, soit sur les doigts, soit au moyen du *quipo*, d'origine très ancienne et qui consiste en un cordon tressé en laine portant une série de nœuds dont chacun a une signification spéciale; à chaque catégorie d'animal ou d'objet correspond un quipo de couleur différente. Il utilise le lama pour sa laine et pour les transports.

L'habitation consiste en une maison quadrangulaire en *tapias*. Le tapia est en quelque sorte une unité de construction ; la maison comprendra tant de tapias de longueur, tant de largeur et tant de hauteur. Le tapia est un parallélipipède régulier de terre tassée dans un moule en bois démontable, sans fond, de 1 m. 20 de longueur sur 50 à 60 cm. de largeur et de hauteur. Sur un mur de fondation en pierre brute et terre, on installe le moule dans lequel on tasse un mélange de terre humide et d'herbes énergiquement travaillé et pilonné, puis on laisse sécher et l'on recommence au-dessus. Les ouvertures (portes et fenêtres) s'exécutent plus tard et sont munies d'un cadre. Le toit est formé de petits troncs d'arbres liés entre eux par des cordes de poils et recouverts horizontalement de joncs. La demeure de l'arrièro n'est que provisoire : elle est de forme circulaire et consiste en un mur de plaques de tourbe recouvert d'un toit conique en chaume. Dans ces huttes, on ne trouve que quelques potiches pour chauffer l'eau ou contenir l'eau-de-vie ; une écuelle sert à griller le maïs qui remplace le pain ; quelquefois un mortier en pierre sert à écraser le piment qui assaisonne la viande, généralement tirée d'un lama crevé, séchée, puis grillée.

La laine des vêtements est fournie par le lama, filée par les femmes, puis tissée, tressée ou tricotée pour ses divers usages. Les hommes procèdent au tissage, les femmes tricotent des chaussons, des bas, des fausses manches et quelquefois des passe-montagnes.

La femme porte une chemisette de couleur brune, à manches, qui ne descend pas au-dessous des hanches ; elle n'a ni pantalon, ni bas, ni sandales, mais plusieurs jupons superposés serrés à la ceinture par une corde ; sur les épaules une pièce carrée épinglée sur la poitrine, dans laquelle la mère de famille porte son nouveau-né ou ses fardeaux ; le chapeau est en feutre gris, les doigts sont ornés de nombreux anneaux de laiton.

L'homme est vêtu d'une chemise, de bas avec chaussons, de sandales en peau de lama ficelées, d'un pantalon soit long, soit court et large avec fermeture à pont, d'un gilet à manches recouvertes de fausses manches, et du *poncho*.

La femme fabrique aussi une poterie très rudimentaire qui est cuite par l'homme. Comme arme, le cholo ne connaît que la fronde ; il n'a ni coutelas, ni haches, rarement un mauvais fusil de pacotille.

L'influence espagnole se traduit par une pratique toute superficielle du catholicisme, superposé à la religion naturelle du soleil et de la lune. Les fêtes sont nombreuses. Le culte des morts consiste en offrandes de maïs, d'alcool ou de pain sous forme de figurines.

Le mariage est libre et souvent le même individu a plusieurs femmes. A ces hautes altitudes l'air est pur et sec, de sorte que, malgré la saleté des habitants, il n'y a pas d'épidémies. Par contre, la syphilis et l'alcoolisme favorisent les pneumonies. La mortalité des enfants est grande et l'Indien ne vit pas vieux.

Tel est le résultat des observations ethnographiques de M. Godet, dont les autres observations scientifiques complètent un intéressant travail.

* * *

A Mexico, le Musée national d'Archéologie, d'Histoire et d'Ethnographie est installé dans un magnifique palais. Il publie un *Bulletin* dont le dernier numéro paru donne un résumé des travaux des quatre dernières années. Dans la partie ethnographique, des vitrines sont réservées aux objets concernant les familles ethniques,

Tarahum, Tepehuanes, Kikapua, Aztèques, Zapotèques, Chontales, anciens et récents ; ces collections se complètent tous les jours par de nouveaux dons ou de nouvelles acquisitions.

* *

L'Université de Pennsylvanie, continuant ses traditions, organise méthodiquement des expéditions pour étudier sur place les rares vestiges des populations primitives d'Amérique. De 1913 à 1916, l'expédition de M. W. Curtis Farabee s'est attachée à étudier les tribus Arawak du nord du Brésil et du sud de la Guyane anglaise. Ces tribus, parmi lesquelles les plus importantes sont celles des Wapisianas, des Atarois, des Tarumas, habitent la savane qui s'étend de 58° 1/2 à 63° de longitude ouest et de 1° 1/2 à 4° 1/2 de latitude nord, pays arrosé et inondé pendant la saison des pluies, mais très sec le reste du temps. Ces tribus paraissent les survivantes d'une grande nation; celle des Wapisianas est la plus nombreuse et a été l'objet de la présente publication.

Vivant à l'état semi-nomade, très peu en contact avec les voisins, ils présentent au point de vue ethnographique et anthropologique un intérêt spécial, puisqu'ils ont conservé, presque intacte, leur civilisation primitive.

Les habitations sont construites en branchages et en adobe, et de forme elliptique ; elles sont percées de trois portes : l'une réservée aux hommes, l'autre aux femmes ; la troisième est une porte de service destinée peut-être aussi, comme à Madagascar, à la sortie des morts.

Les vêtements, réduits à leur plus simple expression, consistent en un petit tablier souvent en perles et maintenu par une ficelle qui fait le tour des reins. Les hommes vont à la chasse avec la sarbacane, et les femmes tissent du coton pour en faire des hamacs ou des bandes qui servent à porter les petits enfants. Si les vêtements sont rares, par contre les ornements sont recherchés ; outre le tatouage, les femmes portent des bracelets, des colliers et des ornements de lèvres. Parmi les coutumes des Wapisianas, sous-tribu des Arawak, il faut signaler l'existence de congrégations d'une dizaine de femmes, veuves dont les enfants sont mariés.

Dans la région occupée par les Arawak, surtout le long des rivières, il existe des pétroglyphes sur le granit, représentant des hommes, des animaux, des serpents, des figures géométriques. Le serpent joue un grand rôle dans les mythes.

Une forte partie du volume est consacrée au langage des Arawak et des Wapisianas, avec un dictionnaire contenant un grand nombre de mots. Les planches reproduites dans cette intéressante publication donnent une bonne idée de leur civilisation, de leurs coutumes, de leurs occupations, de leurs armes et de leur industrie. Parmi les jeux, l'auteur décrit les différentes figures que ces gens forment avec une ficelle dont les bouts sont noués ensemble, jeu que l'on retrouve en Afrique et même chez nous, chaque figure ayant un nom spécial.

* *

M. Bene van Rippen, qui a eu l'occasion de voir en 1917 quelques Boschimans d'origine, a rapporté de son voyage des observations sur les objets dont ils se servent (*Memoirs of the American anthropological Association*). Il en profite pour discuter les diverses opinions émises au sujet de l'emploi de ces objets, par exemple des pierres percées, qui, suivant certains auteurs, existaient déjà dans ces régions du Sud africain aux temps préhistoriques, et dont le poids varie de quelques grammes à une quinzaine de kilogs. Une de ces pierres, emmanchée, pouvait servir à la culture ; nous savons d'autre part que certaines servaient de monnaie et nous en signalons plus loin dans l'article de M. Akira Matsumura sur la Micronésie.

Les pointes de flèches empoisonnées font également l'objet d'une discussion et l'auteur constate que les indigènes emploient pour soigner les blessures une véritable inoculation, variant suivant la nature du poison : diagnostic bien difficile, sauf en cas de morsure d'un serpent venimeux.

L'auteur décrit encore un lacet pour prendre les oiseaux, une nasse pour les poissons, enfin l'instrument de musique dit T'Goera, qui se compose d'une corde tendue sur un roseau. Les Hottentots possèdent un instrument analogue, mais par le moyen d'une calebasse le son est renforcé.

* *

The Journal of the anthropological Society of Bombay (1918) publie des notes intéressantes sur certaines cérémonies des Indes renouvelées d'anciens rites.

S. S. Mehta donne quelques détails sur la cérémonie du Haldi-Kum-Kum, qui a lieu au mois chaitra, premier mois de l'ère Salivahana, qui célèbre le printemps et donne lieu à des réjouissances analogues à celles de notre jour de l'an.

Shams ul ulma D. Jivanji Lamshedi Madi décrit les cérémonies de purification des Parsis ; cet article fait suite aux publications du même auteur sur les cérémonies des Parsis lors des naissances.

Les cérémonies des Parsis peuvent se diviser en sociales et religieuses, en purification, initiation, consécration, liturgie. Les cérémonies sociales et religieuses se rapportent à la naissance, au mariage et aux funérailles. Les cérémonies de purification sont de quatre sortes : la première, dite *Padyah*, se passe sans l'assistance d'un prêtre et ne dure qu'une ou deux minutes; la seconde, dite *Nan*, dure vingt à trente minutes avec l'assistance d'un prêtre; la troisième, dite *Baresnum*, est très longue et précédée d'une sorte de retraite d'une dizaine de jours; elle comprend trois bains accompagnés de cérémonies, avec assistance de deux prêtres; la quatrième, dite *Riman*, a besoin des services de trois personnes dont au moins un prêtre.

Sabat Chandra Mitra consacre encore un article à l'adoration des serpents par les nègres des Indes occidentales. D'après lui, le culte des serpents chez les nègres de l'Amérique du Nord et des Indes occidentales serait un souvenir des sacrifices humains et du cannibalisme; il aurait été importé d'Afrique par les ancêtres esclaves des nègres actuels. De même l'adoration du dieu à tête d'éléphant au Mexique viendrait des Indes.

Le même auteur donne la version officielle d'un acte de cannibalisme qui s'est passé dans le district de Nadiya, Bengale.

Le Japon, moins absorbé que nous par la guerre, a continué ses travaux. L'Université impériale de Tokyo a organisé en 1915 une mission scientifique dans les îles de la mer du Sud récemment occupées par le Japon. C'est le résultat de cette mission que M. Akira Matsamura a publié dans le 40e volume du *Journal of the College of Science*, édité par l'Université.

La bateau qui portait la mission fit escale aux îles Carolines, Marshall, Mariannes. Les observations ethnographiques concernent plus spécialement l'île Yap et l'île Palaos, des Carolines, et peuvent s'étendre à toute la Micronésie.

L'auteur divise les indigènes de la Micronésie en quatre races : les Papouans, les Samoans, les Chamorros, et les indigènes des îles Carolines et Marshall. Les Papouans observés avaient été importés de la Nouvelle-Guinée, des îles Salomon, de la Nouvelle-Irlande, des îles de l'Amirauté, par les Allemands pour faire la police. Les Japonais les ont gardés au début, mais les ont rapatriés plus tard.

Les Samoans avaient été exilés dans l'île Saipan, des Mariannes, avec leurs femmes et leurs enfants, au nombre d'une soixantaine, formant plus de dix familles, et continuaient le genre de vie qu'ils menaient dans leur île natale.

Les Chamorros vivaient également à Saipan, mais on en rencontra surtout à l'île Yap; ils paraissaient fortement métissés de blanc et employaient passablement de mots espagnols. Par leurs caractères physiques, ils différaient des indigènes.

Les tribus des îles Carolines et Marshall portent le nom de Kanakas (hommes en polynésien); ce nom, réservé au début aux seuls Polynésiens, se donna plus tard également aux Mélanésiens. Les insulaires des Carolines et des Marshall se distinguent des Polynésiens, grands et surtout brachycéphales, par leur taille moyenne et leur crâne dolichocéphale ou mésocéphale; il faut donc distinguer les Polynésiens des Micronésiens.

Les observations ethnographiques sur ces différentes tribus concernent leur mode d'existence : le vêtement, l'alimentation et l'habitation, et sont accompagnées de nombreuses reproductions photographiques. Aux îles Carolines de l'Est, et plus particulièrement à Trull, les indigènes des deux sexes se peignent en orange au moyen des racines de *Curcuma longa;* ils pratiquent également le tatouage et les cicatrices en bourrelet. Ils portent souvent des colliers formés de disques de nacre où d'écaille, et des bracelets. Ils préfèrent les allumettes importées à l'ancien procédé de faire du feu par frottement de morceaux de bois. Leur nourriture consiste surtout en fruits. L'eau douce est rare dans ces îles, et les indigènes recueillent l'eau de pluie dans des noix de coco. L'usage du tabac et des légumes est très répandu, tandis qu'on ne retrouve le bétel que dans les Carolines de l'Ouest.

L'auteur signale naturellement les pirogues à balancier, les constructions réservées aux chefs, aux clubs d'hommes et de jeunes gens. Les colliers de noix de coca, les bracelets d'écaille servent de monnaie, ainsi que de larges pierres, véritables meules, dont nous avons plus haut signalé également l'existence dans l'Afrique du Sud.

D'après l'auteur, les habitants des Carolines de l'Ouest sont plus civilisés que ceux des îles de l'Est; on retrouve chez eux les maisons-clubs. Les coutumes sont différentes, ainsi que les vêtements. Les indigènes de l'Est ne connaissent pas l'art du potier, tandis que ceux de l'Ouest fabriquent même des lampes en terre. Nous avons déjà signalé l'usage du bétel par les indigènes de l'Ouest.

Les caractères physiques sont très mélangés

et les indigènes ont beaucoup de caractères communs avec les autres tribus de la Polynésie, de la Mélanésie et de l'Archipel malais, mais les éléments polynésiens et mélanésiens dominent à l'Ouest. L'auteur croit pouvoir conclure que les indigènes de Micronésie, résultant d'un mélange de différentes tribus voisines, constituent une race distincte, les Micronésiens, qu'on ne peut rattacher à aucune autre race.

***

Au point de vue ethnographique, le Japon est encore un pays relativement neuf, surtout pour nous Européens. La raison en est simple : le Japon n'est ouvert aux visiteurs que depuis peu de temps. C'est après 1850 que les Etats-Unis et l'Europe entrèrent avec ce pays en relations commerciales, qui ne devinrent réellement effectives que quinze ou vingt ans plus tard; les relations intellectuelles ne purent se créer qu'ensuite, entravées qu'elles étaient par les difficultés de la langue et surtout de l'écriture.

Intelligent et ne demandant qu'à se développer, le peuple japonais apprit rapidement les langues étrangères, spécialement l'anglais, qui est compris à peu près partout. Avant 1914, la langue allemande tendait à prendre le dessus dans le monde intellectuel; mais, depuis, une réaction se produit, et le français, qui avait un peu reculé, reprend les devants, sans toutefois remplacer l'anglais qui reste la langue commerciale internationale.

C'est grâce à cette reprise de la langue française que le *Journal of the College of Science*, Imperial University of Tokyo, nous a donné cette année des *Etudes archéologiques sur les Aïnou des îles Kouriles*, par le Professeur R. Torii, chargé du cours d'Anthropologie à l'Université impériale de Tokyo, membre correspondant de l'Association pour l'enseignement des Sciences anthropologiques de France. C'est le sixième fascicule du même auteur paru en français.

Les Kouriles comprennent un grand nombre d'îles, qui, sur une longueur d'environ 1.200 kilomètres, s'égrènent entre l'île d'Yéso et la pointe du Kamtchatka. Bien que presque désertes, ces îles étaient fréquentées par les chasseurs et les pêcheurs russes, jusqu'au moment où par traité elles furent en 1885 cédées par la Russie au Japon.

Dans un but philanthropique, le Japon interna les rares habitants de ces îles dans l'île de Shikotan, dont la situation plus méridionale et le climat plus doux paraissaient offrir plus d'avantages à cette population. Cet internement ne paraît pas avoir réussi, puisque le nombre des familles est tombé de 92 à 60 et tend encore à diminuer. Avant la disparition complète de ces insulaires, le professeur Torii a voulu étudier leurs origines, leurs mœurs, leurs coutumes, leurs légendes, et il a consigné le résultat de ses recherches dans ce mémoire, rédigé en japonais et traduit en fran- par le R. P. Tulpin.

Au point de vue anthropologique, les Kouriliens sont des Aïnou. Les Aïnou seraient les premiers occupants du Japon; ils ont été repoussés progressivement vers le nord et dans les îles par des invasions successives de Tongouses; on en trouve encore dans l'île d'Yéso, mais cette race tend à disparaître. Les hypothèses de M. Torii sont souvent en contradiction avec ce qui était admis jusqu'ici, et surtout avec les idées du Professeur Tsuboï, son prédécesseur à l'Université.

Après avoir relevé tous les documents ethnographiques qu'il a pu retrouver, recueilli toutes les légendes, comparé le langage avec celui d'autres régions asiatiques, après avoir décrit les mœurs, les vêtements, les ustensiles des Kouriliens actuels, reproduits dans le texte et dans de nombreuses planches annexes, M. Torii est arrivé aux conclusions suivantes : 4.000 av. J.-C., le Japon était occupé par la race des Aïnou-Koushi. Toutes les stations préhistoriques, les restes d'industrie, les noms topographiques, la langue, etc., le prouvent. Le peuple japonais actuel résulte du mélange de cette population Aïnou avec les Toungouses, les Indonésiens, etc., envahisseurs. Cette race aïnou-koushi, par suite des circonstances, s'est divisée en quatre groupes principaux d'importance très inégale. Le plus important est demeuré au Japon proprement dit; comme importance, le second se retrouve à Yéso; le troisième est celui du Saghalien ou Karafouto, et le dernier est le groupe des îles Kouriles qui est bien aïnou.

Les instruments en pierre et en os, les boucles de ceinture, les poteries à dessins toujours tourbillonnaires, les huttes sous terre sont identiques à ceux des stations néolithiques du reste du Japon. Mêmes caractères physiologiques, mêmes us et coutumes, même langue, même religion, mêmes traditions, mêmes légendes, tout confirme ce fait.

Si l'industrie néolithique du nord kourilien est moins soignée que l'industrie primitive aïnou du Japon proprement dit, cela tient aux difficultés de la vie et du climat plus rude. Il ne faut pas s'étonner de constater que les objets néolithiques du Japon d'il y a 2.000 ans ne peuvent se distinguer de ceux des Kouriliens d'il y a 150 ans.

Les Aïnou Kouriliens se prétendent autochtones, mais c'est là une prétention commune à tous les peuples. M. Torii croit constater aussi

certaine parenté avec les antiques nations du sud de la Perse et de l'Inde, les Todas par exemple; et il émet l'hypothèse que les Aïnou Koushi, premiers habitants du Japon, pourraient être frères des anciens peuples du sud de la Perse. Comme eux, ils ont une langue agglutinante, avec beaucoup de mots et d'expressions semblables; comme eux ils sont très velus et très barbus, sans toutefois avoir le nez aquilin; ils ont les mêmes idées religieuses; sont industrieux, entreprenants et vagabonds comme eux, tout en ayant une civilisation relativement avancée. Bref, caractères physiologiques, linguistiques, religieux, sociologiques, paraissent rapprochés ou semblables chez les anciens Aïnou et les antiques Kassites orientaux; et ces deux races, dit M. Torii, sont peut-être sœurs.

Quelques pages intéressantes sont consacrées à l'écriture et à différentes inscriptions lapidaires trouvées au Japon.

Sans adopter définitivement les hypothèses du Professeur Torii, nous devons constater qu'elles sont basées sur des arguments sérieux et doivent devenir les points de départ de travaux ultérieurs.

* *

Le Bureau d'Ethnologie américaine de la Smithsonian Institution continue ses intéressantes publications. On comprend et on admire la constance des Américains à recueillir et à conserver les documents qui se rapportent aux anciens autochtones. En Europe, nous voyons avec quelle sollicitude on entretient et on collectionne les monuments anciens, dolmens, églises romanes ou gothiques, manuscrits et miniatures, armes de l'âge de la pierre, de l'âge du bronze, de l'âge du fer. Le choix est moindre en Amérique, puisque notre civilisation y est d'introduction récente, mais l'intérêt qu'on y porte aux vestiges des époques disparues n'est pas moins passionné.

Cédant à ce besoin de conserver le plus possible les traces et les traditions du passé, les savants américains, soutenus par des donations importantes, étudient, aux Etats-Unis et dans les pays voisins, les restes des civilisations antérieures.

Le Bulletin n° 64 de l'Institut est consacré à un mémoire de M. Thomas W. F. Gann sur *les Indiens Mayas établis au sud du Yucatan et au nord du Honduras anglais*. Ces Mayas se divisent en deux tribus : celle de Santa-Cruz et celle de Icaiché ou Chichanhà, formant un groupe d'environ 5 à 6.000 indigènes. Ces tribus sont en train de disparaître, grâce à la méthode d'extermination inaugurée il y a quelques années par le Gouvernement mexicain.

L'auteur admet trois périodes distinctes de civilisation maya, la dernière ayant déjà subi l'influence espagnole.

La plus grande partie du mémoire est consacrée à la description de 41 mounds ou villages fortifiés de cette région. Parmi les objets trouvés dans ces villages, on a recueilli de nombreuses poteries et des spécimens de dessins rappelant l'art mexicain, sans parler des silex à formes particulières, dont nous ne saisissons pas bien l'utilisation.

Le Bulletin 65 est consacré à une région des Etats-Unis et contient un mémoire de MM. A. Vincent Kidder et S. I. Guernsey intitulé *Archæological exploration in north-eastern Arizona*; dans cette région, on rencontre un certain nombre d'habitations installées dans les falaises et difficiles d'accès. Les habitants s'appellent *Cliff dwellers*, en opposition aux *Mounds dwellers* du Bulletin précédent.

Ce mémoire, établi sur le même plan que le précédent, expose le résultat des fouilles, qui ont mis à jour un grand nombre d'objets. Les maisons étaient construites en murs de pierres élevés au-dessus du sol; à côté d'elles il y avait toujours un kiva ou salle de cérémonies.

Les « Cliff dwellers » cultivaient le blé, les haricots, la citrouille, le coton; le dindon était domestiqué. Ils filaient et tissaient le coton; leurs outils de pierre taillée ou polie étaient rares et mal travaillés; par contre, l'art du potier était très développé. On a retrouvé de nombreux pétroglyphes.

A côté des « Cliff dwellers », vivait une autre population que les auteurs rattachent aux « Basket makers » (vanniers) de Pepper, dont les coutumes sont tout à fait différentes; fait caractéristique, ils se servaient du propulseur (*atlatl*) pour lancer le javelot.

Ces différentes publications augmentent sensiblement la richesse des documents récoltés jusqu'à présent par les institutions scientifiques des Etats-Unis.

Dr H. Weisgerber,
Sous-Directeur de l'Ecole d'Anthropologie.

N. B. — Le 14 septembre 1920, a été fondé à Paris, 15, rue de l'Ecole de Médecine, sur l'initiative de l'Ecole d'Anthropologie, un Institut international d'Anthropologie, dont le but est de coordonner les travaux anthropologiques, de fournir aux savants et aux chercheurs tous les renseignements nécessaires, en un mot de généraliser dans tous les pays les méthodes de travail établies sur un plan uniforme d'action commune.

Un Conseil de direction provisoire a été nommé pour un an en vue de l'étude des meilleurs moyens à employer; l'assemblée générale qui constituera définitivement cette nouvelle association aura lieu à Liège en septembre 1921.

BIBLIOGRAPHIE
ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Baillaud (Jules), *Astronome adjoint à l'Observatoire de Paris, Capitaine d'Artillerie Territoriale (Chef de brigade topographique aux Armées).* — **Manuel de Topométrie. Opérations sur le terrain et calculs.** — *1 vol. in-8° de 222 pages avec 66 figures et 32 tableaux de calculs (Prix : 19 fr. 50). Dunod, éditeur, Paris, 1920.*

M. Jules Baillaud nous fait profiter de l'expérience consommée qu'il a acquise au cours de la guerre dans la direction d'une brigade topographique et dans l'enseignement professé aux cours des officiers orienteurs de l'Artillerie. « Nouveau venu dans l'art si attachant des levés », comme se qualifie lui-même avec modestie cet astronome, topomètre par occasion, il a pu se rendre compte, mieux que d'autres, entraînés par une vieille routine, de toutes les difficultés que présentent les opérations de topométrie sur le terrain et les calculs ultérieurs.

Dans son livre, il étudie successivement les divers procédés de la topométrie : l'intersection, le relèvement, le cheminement, le nivellement ; nous y trouvons en plus l'exposé des modes astronomiques d'orientation, enfin quelques notions sur les projections et les triangulations complémentaires. Les méthodes sur lesquelles l'auteur s'étend le plus volontiers sont naturellement celles qui étaient répandues parmi les topographes des Armées, notamment, pour l'intersection et le relèvement, la méthode du point approché de Hatt et sa variante, celle de l'intersection inverse.

M. Baillaud s'est attaché — et c'est la partie de son ouvrage qui en fait le plus l'intérêt — à fournir et commenter comme exemples d'application des théories, des tableaux de calcul disposés de la manière la plus rationnelle, la plus commode, et la plus propre à éviter les erreurs. Nous avons fort goûté ses conseils pour les calculs numériques. Nombre d'entre eux sont de ceux que l'on apprend à observer par l'expérience et souvent à ses propres dépens. En s'y conformant exactement de suite, on évitera ces écoles désagréables. On sent que M. Baillaud recherche la joie pure de se trouver face à face avec un beau calcul, proprement fait, bien disposé et vous payant de la peine prise par des résultats satisfaisants. Il redoute certainement la répulsion qu'éprouve le calculateur soigneux à la vue d'un amas informe de ratures dans lequel l'auteur ne se reconnaît pas lui-même. Louons-le hautement d'avoir écrit : « Il y a un véritable art du calcul qui peut se manifester même dans les petites opérations de topométrie, et qui n'est pas sans procurer une réelle satisfaction à celui qui l'exerce. »

Lieutenant-colonel G. Perrier,
Chef de la Section géodésique
du Service géographique de l'Armée.

Dubosque (J.), *Ingénieur auxiliaire des Ponts et Chaussées.* — **Etudes théoriques et pratiques sur les murs de soutènement et les ponts et viaducs en maçonnerie.** — *1 vol. in-8° de 380 p. avec 141 fig. et 15 pl. (Prix : 48 fr.). Ch. Béranger, éditeur, Paris et Liége, 1920.*

Voici un livre qui en est à sa sixième édition, fortune assez rare pour un ouvrage qui n'est pas une œuvre d'imagination : c'est donc qu'avec ses qualités il répond à certains besoins des jeunes gens qui embrassent la carrière des travaux publics et éprouvent de grandes difficultés pour étudier les premiers ouvrages d'art qui leur sont confiés.

En effet, si les ouvrages magistraux sur la question ne comptent plus, il faut remarquer aussi qu'ils ne sont écrits que pour un public de culture avancée.

M. Dubosque, par les fonctions qu'il a occupées à la Compagnie du Nord comme ancien chef de bureau des travaux neufs, s'est rendu compte que, pour les nouveaux venus dans la carrière, un guide résumant d'une façon claire, simple, graduelle et méthodique les procédés théoriques et pratiques employés par les constructeurs pour calculer les éléments de leurs projets, était désiré par eux.

D'un autre côté, les praticiens ne se rappellent pas toujours où ils peuvent trouver les renseignements dont ils ont besoin.

M. Dubosque a donc cru se rendre utile, et le succès de son ouvrage prouve qu'il y a réussi, en donnant et en réunissant les solutions élémentaires qu'il a pu trouver ou recueillir, pour les questions qui donnent le plus d'embarras aux débutants et en général à toutes les personnes qui s'occupent de constructions.

M. Dubosque n'a eu recours, pour ses démonstrations et ses discussions, qu'aux mathématiques élémentaires seules et, contrairement à ce que l'on est habitué à trouver dans les ouvrages de ce genre, on n'y rencontre aucun signe de différentiation ou d'intégration.

L'ouvrage se compose de 2 parties distinctes : la première concerne les murs de soutènement et de revêtement, et la deuxième, les ponts et viaducs en maçonnerie.

Dans la première partie, nous signalerons la discussion du maximum de la poussée des terres qui, comme le croit d'ailleurs l'auteur, nous paraît bien, en effet, être la seule qui existe jusqu'à ce jour ne faisant pas appel au calcul différentiel.

Nous notons encore une méthode simple et expéditive du tracé de la courbe des pressions dans les massifs en maçonnerie, qui permet de vérifier rapidement les conditions de stabilité auxquelles ils doivent satisfaire pour tous les cas pratiques.

Dans la deuxième partie, nous signalerons des considérations générales sur l'emplacement et la direction des ponts, les paragraphes concernant la forme et la grandeur des arches, le calcul du débouché des ouvrages, le tracé des courbes d'extrados circulaire et elliptique, la théorie complète élémentaire du rayon de courbure au sommet d'une ellipse et le tracé pratique des normales aux intrados elliptiques, la vérification de la stabilité des ouvrages d'art au moyen de la courbe des pressions tracée par la méthode de Mery, la détermination graphique et la position pratique du joint de rupture des voûtes et un aperçu de la méthode de Dupuit, la vérification des points de passage des courbes de pression dans les piédroits, le calcul des dimensions des piles de ponts, le calcul du refus des piles et la détermination des blocs destinés aux enrochements, le tracé des voûtes en ogive et la vérification de leur stabilité, le cintrement et le décintrement des voûtes, les proportions et les dispositions architecturales des diverses parties des ponts et le raccordement des ouvrages avec leurs abords.

L'auteur a terminé cette deuxième partie par un dessin complet de pont dont toutes les dimensions ont été calculées d'après les formules et les données qui précèdent, donnant ainsi un exemple concret qui sera très utile comme exercice.

A la fin de l'ouvrage se trouvent des tableaux très complets, renseignant les lecteurs sur les caractéristiques des matériaux de construction employés en France.

En un mot, ce travail servira de guide aux débutants et d'aide-mémoire aux praticiens, puisqu'il réunit et condense en un seul volume tous les renseignements qu'il leur faudrait laborieusement chercher ailleurs, en dehors de ceux que jusqu'ici aucun ouvrage ne contient.

L. Potin.

2° Sciences physiques

Chevallier (H.), *Docteur ès sciences, Sous-Directeur du Laboratoire d'Electricité industrielle de la Faculté des Sciences de Bordeaux.* — **Cours pratique d'Electricité industrielle.** *Tome* I : **Etude des courants continus : propriétés générales, production et utilisation** (2e édition). — 1 *vol. petit in-8° de* 403 *pages avec* 436 *figures* (*Prix cart.* : 24 *fr.*). *Béranger, éditeur, Paris et Liége*, 1920.

Dans cette nouvelle édition se retrouvent les qualités qui ont fait le succès de l'ouvrage initial : une exposition claire, des figures soignées, des schémas faciles à comprendre, de multiples applications numériques. Toutefois l'auteur a remanié le plan de son cours, de façon à lui donner plus de cohésion ; le tome I, le seul paru à ce jour, traite des lois générales de l'électricité et de l'étude des courants continus ; les autres volumes seront respectivement consacrés à l'étude des courants alternatifs et aux applications industrielles de l'électricité.

Toute démonstration mathématique a été proscrite de l'exposé des lois fondamentales ; pour expliquer la genèse des phénomènes électriques, il est fait usage d'analogies hydrauliques et mécaniques et de représentations graphiques originales : la plus large place est réservée aux données expérimentales. Les chapitres relatifs aux phénomènes généraux, qui constituent l'introduction indispensable de l'ouvrage, sont traités aussi sobrement qu'il est possible, l'attention de l'auteur s'étant principalement portée sur l'étude de la machine à courant continu et de ses applications.

Le phénomène de la commutation est analysé avec un soin particulier ; de nombreux exemples pratiques illustrent la théorie des enroulements, l'étude des caractéristiques des génératrices et de la régulation de vitesse des moteurs. Le transport et la distribution de l'énergie électrique par courants continus sont examinés au point de vue technique ; cependant d'une rapide étude économique se dégagent le faible rayon d'action des distributions à différence de potentiel constante et l'intérêt que peut, dans certains cas, présenter le système série à intensité constante.

L'ouvrage se termine par quelques pages claires et concises sur la question si délicate des unités électriques.

Certes les lecteurs de ce cours ne posséderont pas les éléments nécessaires pour calculer une machine nouvelle, mais ils acquerront une conception nette des phénomènes électriques, pourront effectuer un montage correct, déterminer le type de machine approprié à un but déterminé et, le cas échéant, remédier à un défaut de fonctionnement. C'est là plus qu'on ne peut exiger de bien des électriciens.

A. Lange,
Chef de Travaux à l'Ecole supérieure d'Electricité.

Grard (C.), *Lieutenant-colonel d'Artillerie.* — **L'Aluminium et ses Alliages.** Etude rationnelle des caractéristiques et des traitements thermiques. Applications industrielles. — 1 *vol. grand in-8° de* 262 *pages avec* 87 *fig. et* 25 *pl. hors texte* (*Prix* : 25 *fr.*). *Berger-Levrault et Cie, éditeurs*, 5, *rue des Beaux-Arts, Paris*, 1920.

Ce livre est en très grande partie le fruit de recherches originales poursuivies par l'auteur dans divers laboratoires de l'Etat ou des grandes usines les mieux outillées. Il est arrivé ainsi à déterminer les caractéristiques de l'aluminium et de ses alliages, et le coefficient de sécurité réel de ceux-ci.

Antérieurement une note du Lieutenant-colonel Grard « sur les traitements thermiques des alliages légers à haute résistance » avait été présentée à l'Académie des Sciences [1]. Les questions des caractéristiques physiques et mécaniques sont développées dans cet ouvrage avec toute l'ampleur qu'elles méritent. Le duralumin, spécialement, et les bronzes d'aluminium y sont l'objet d'une étude tout à fait détaillée, avec de nombreux graphiques et une soixantaine d'excellents photogrammes métallographiques donnant bien l'idée de la structure de ces alliages, dont l'importance se développe si rapidement.

Cet ouvrage nous paraît particulièrement intéressant, en ce sens que l'étude de l'aluminium et de ses alliages y est faite avec les mêmes méthodes, avec les mêmes connaissances acquises, que celles qui ont été appliquées avec tant de succès au fer et aux aciers. Leur possession a permis de faire des progrès rapides dans la connaissance des alliages de l'aluminium, dont l'utilisation industrielle trouvera dans l'œuvre du Colonel Grard une base indispensable.

Des annexes techniques fournissent des renseignements utiles sur les cahiers de l'Aéronautique et sur différents procès-verbaux d'essais d'écrouissage ou de recuit.

A. de Gramont,
Membre de l'Institut.

1. 22 septembre 1919.

3° Sciences naturelles

Joubin (L.), *Professeur au Muséum et à l'Institut océanographique.* — **Le fond de la mer.** — 1 *vol. in-16 de* 192 *p. avec* 113 *fig. de la Bibliothèque des Merveilles* (*Prix* : 5 *fr.*). *Librairie Hachette, Paris*, 1920.

Cet ouvrage a pour but de vulgariser à l'usage du grand public quelques-uns des résultats de la science océanographique. Après avoir conduit ses lecteurs sur les rivages, puis sur le sol même de l'océan, il les initie aux propriétés de l'eau de mer, puis à l'éclairage de la mer et à l'action de la lumière ou de l'absence de lumière sur les animaux marins. Après avoir décrit les appareils de pêche et de recherches scientifiques marines, il montre à l'œuvre les travailleurs de la mer : les constructeurs et les démolisseurs et aussi les nettoyeurs, puis il étudie les trois grands groupes d'animaux marins : littoraux, abyssaux et pélagiques, donne quelques détails sur leurs larves et leurs métamorphoses, et termine par la description de quelques industries marines.

Ce qui ajoute à l'intérêt du volume, ce sont les cartes et schémas très clairs et surtout les très belles reproductions de photographies d'animaux marins, d'appareils de pêche et de scènes maritimes, qui accompagnent le texte de l'auteur.

Il faut donc remercier l'éminent océanographe qu'est M. Joubin d'avoir dérobé à ses recherches habituelles le temps d'écrire ce petit ouvrage, qui est un modèle de précision scientifique et d'exposition alerte et claire.

R. V.

Anthony (R.). — **Catalogue raisonné et descriptif des Collections d'Ostéologie du Service d'Anatomie comparée du Muséum d'histoire naturelle. Mammifères.** *Fascicule XI.* **Edentata** (Édentés). *Sous-fascicule I :* **Dasypodidae.** — 1 *vol. in-8° de* 64 *pages avec* 36 *fig.* (*Prix* : 10 *fr.*). *Masson et Cie, éditeurs, Paris*, 1920.

Sous ce nom, M. R. Anthony a commencé, en 1919, la publication d'une série de fascicules qui représentent, en réalité, beaucoup plus que ne l'indique leur titre. Il ne s'agit pas seulement, en effet, d'une simple énumération des riches matériaux ostéologiques du Muséum, mais d'un véritable traité d'Ostéologie comparée et même, jusqu'à un certain point, d'anatomie systématique des Mammifères. La manière dont est conçu et rédigé cet ouvrage, la richesse de sa documentation, l'abondance et l'exactitude de ses figures, en font une œuvre destinée à occuper un des premiers rangs dans les annales de l'Anatomie comparée française.

Le catalogue entier comprendra essentiellement douze fascicules, correspondant chacun à un des ordres

des Mammifères. Les deux premiers fascicules parus (fasc. IX et X) sont consacrés, le premier aux *Pholidota* (Pangolins), le second aux *Tubulidentata* (Oryctéropes); leur compte rendu a été donné l'année précédente dans ce même journal.

Le fascicule XI a pour sujet les *Edentata* proprement dits (*Xenarthra*). L'étendue du groupe a nécessité la subdivision de ce fascicule en sept sous-fascicules. Le premier, celui qui fait l'objet de ce compte rendu, comprend, outre les généralités sur les *Edentata*, l'étude de la famille des *Dasypodidae*; les six suivants seront consacrés aux six autres familles de l'ordre : *Cabassidae*, *Chlamydophoridae*, *Tolypeutidae*, *Tatusiidae*, *Bradypodidae*, *Myrmecophagidae*.

Le plan suivi par M. R. Anthony pour la rédaction de chaque groupe est uniforme et l'analyse de celui que nous envisageons ici donne bien l'idée de ce que sera l'ouvrage tout entier.

Dans une première partie, l'auteur passe en revue les caractères généraux, la distribution géographique et les subdivisions de l'ordre des *Edentata*, puis du sous-ordre des *Dasypoda*, enfin de la famille des *Dasypodidae* et des genres et espèces qui la forment. Cette première partie est de beaucoup la plus développée, comprenant les deux tiers de l'ensemble; elle forme une description complète, très exacte et très détaillée, de l'ostéologie des mammifères considérés. Les squelettes dermique et viscéral y sont naturellement étudiés. De plus, de nombreux détails, empruntés à l'anatomie des parties molles, sont mentionnés à propos des caractères de chaque subdivision, de sorte que cette première partie est, en réalité, une mise au point de nos connaissances actuelles sur l'anatomie du groupe.

Le tout est complété par deux clefs analytiques des *Edentata* et des *Dasypoda*, basées sur les caractères anatomiques de la carapace et du crâne. Une liste bibliographique clôt cette première partie.

La seconde partie forme le catalogue proprement dit. C'est une énumération détaillée des nombreuses pièces ostéologiques que possède le service d'Anatomie comparée du Muséum. Pour chaque exemplaire sont spécifiés l'origine, l'état du squelette, le nombre de pièces qu'il comprend, ses anomalies ou ses déformations pathologiques possibles, les dimensions du crâne et son indice, la formule du squelette dermique. Un appendice mentionne les spécimens entiers conservés aux Réserves et pouvant servir à des recherches ostéologiques.

Ajoutons que le texte est abondamment illustré de figures ou de photographies toutes originales et représentant des pièces des collections.

Henri V. Vallois,
Professeur agrégé d'Anatomie à la Faculté de Médecine de Toulouse.

Schaefer (Sir Edw. A.), *F. R. S., Professeur de Physiologie à l'Université d'Edimbourg.* — **Les Glandes à sécrétion interne.** Physiologie et physio-pathologie des glandes endocrines. *Traduit de l'anglais et annoté par les* Drs Guy Laroche *et* G. Richard. *Préface de M.* Pierre Marie. — 1 *vol. in-8° de 208 p. avec 104 fig.* (*Prix* : 10 *fr.*). *G. Doin, éditeur, Paris*, 1920.

MM. Laroche et Richard ont été bien inspirés en donnant au public français une traduction de l'ouvrage de Sir Edw. Schaefer : *The endocrin organs. An introduction to the study of internal secretion.* M. E. Gley, en analysant ici même l'édition anglaise [1], a fait ressortir les caractères de compétence, de clarté, de critique judicieuse, qui distinguent l'œuvre de l'éminent physiologiste d'Edimbourg. On les retrouvera dans l'édition française, que les traducteurs ont enrichie d'un certain nombre de notes relatives à des travaux qui ont paru dans l'intervalle des deux publications.

1. *Revue gén. des Sc.* du 30 décembre 1916, p. 726.

4° Sciences médicales

Mackenzie (Sir James), *Professeur au London Hospital, Membre du Collège Royal des Médecins.* — **Les symptômes et leur interprétation.** *Traduit de l'anglais par le Dr* Guillaume *(de Spa).* — 1 *vol. in-8° de 315 p. avec fig.* (*Prix* : 11 *fr.*). *Librairie Félix Alcan, Paris*, 1920.

L'ouvrage de Sir James Mackenzie est destiné à mettre en valeur le concours qu'apporte au diagnostic l'étude minutieuse de la douleur et des phénomènes nerveux qui l'accompagnent. Cette étude est d'importance pratique considérable pour le médecin qui ne dispose pas d'une façon immédiate des méthodes de laboratoire ou des procédés d'examens cliniques spéciaux.

L'auteur expose minutieusement le mécanisme de production et d'irradiation des douleurs viscérales, définit le réflexe viscéromoteur, tel celui qui produit la contracture abdominale, et surtout précise les rapports de la lésion viscérale et du siège du réflexe. Il étudie ces symptômes dans les maladies des différents appareils : digestif, génito-urinaire, respiratoire et circulatoire. Il a, en somme, écrit un petit traité d'analyse clinique des symptômes, et a montré tout le parti qu'un observateur attentif peut tirer de leur interprétation méthodique.

Paul Mathieu,
Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.

5° Sciences diverses

Locard (Dr Edmond). — **L'enquête criminelle et les méthodes scientifiques.** — 1 *vol. in-18 de 300 pages de la Bibliothèque de Philosophie scientifique* (*Prix* : 5 *fr.* 75). *E. Flammarion, éditeur, Paris*, 1920.

Le but principal du nouveau livre du Dr Edm. Locard est de montrer combien, en matière d'enquête criminelle, les *indices* sont supérieurs aux *témoignages*. Hâtons-nous de le dire, les arguments du Dr Locard sont irrésistibles ; la lecture de son ouvrage emporte la conviction.

Il est difficile de vouloir, dans une courte analyse, suivre l'auteur dans l'examen qu'il poursuit des divers indices que l'expertise criminelle peut avoir à analyser. Nous nous bornerons à signaler ses plus intéressants chapitres : celui, par exemple, qui traite des empreintes digitales ; celui qui est consacré à l'expertise des documents écrits ; celui, enfin, où l'auteur s'occupe du déchiffrement des écritures secrètes dont usent les malfaiteurs.

Le livre de M. Edm. Locard est remarquablement écrit, et c'est une qualité qu'on rencontre rarement dans les ouvrages qui, comme le sien, traitent de questions qui exigent une précision de langage absolue. Il s'adresse à tous les hommes instruits, à tous les curieux de science, mais plus particulièrement sans doute aux juristes et aux hommes de laboratoire qu'il intéressera à des points de vue divers et où ils trouveront d'utiles enseignements. Les philosophes aussi sauront l'apprécier : ils noteront au chapitre II une critique excellente de la preuve testimoniale ; le chapitre III, où l'auteur examine la question de la valeur des indices, ainsi que celle de leur interprétation, leur fournira les suggestions les plus précieuses.

En résumé, le livre de M. Locard est, à tous les égards, un livre à connaître, agréable et éminemment instructif.

R. Anthony.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 4 Octobre 1920

1° Sciences mathématiques. — M. **G. Bigourdan** : *Corrections des signaux horaires normaux émis par le Bureau international de l'Heure.* Tous les signaux émis par le Bureau international de l'Heure à Paris sont basés sur une heure *extrapolée*, qui généralement devra être corrigée dans la suite. Cette heure extrapolée est calculée au moyen des corrections de pendule C_p obtenues antérieurement à l'Observatoire de Paris, et des marches des pendules garde-temps du Bureau de l'Heure, déduites aussi des mêmes C_p antérieurs. L'auteur indique ces corrections de l'heure extrapolée, en se basant uniquement sur les C_p de l'Observatoire de Paris. — M. **V. Valcovici** : *Sur les forces hydrodynamiques dans des mouvements différant entre eux par une rotation uniforme de tout l'espace.* L'auteur démontre le théorème suivant : Le système des forces exercées sur un solide Σ par un fluide incompressible qui tourne uniformément autour d'un axe fixe est équivalent au système des forces exercées par le fluide en repos, sur le solide tournant en sens inverse autour du même axe, avec la même vitesse angulaire, si l'on adjoint à ce dernier système la force centrifuge qu'aurait la masse du fluide déplacé par Σ, dans le même mouvement de rotation.

2° Sciences physiques. — M. **J. Bergengren** : *Sur les spectres d'absorption du phosphore pour les rayons X.* L'auteur a constaté que les longueurs d'onde des limites d'absorption des rayons X sont différentes pour les diverses variétés de phosphore. En prenant $\lambda = 1,471$ A pour la ligne $L\alpha$ du tungstène, on trouve une longueur d'onde de 5,767 A pour le phosphore noir et de 5,750 A pour l'acide phosphorique et le phosphate d'ammonium. Le spectre du P rouge montre une limite double; la composante extérieure est identique à celle du P noir; la composante intérieure, attribuée au P jaune, coïncide approximativement avec celle de l'acide phosphorique. — MM. **M. de Broglie** et **A. Dauvillier** : *Sur la structure fine des discontinuités d'absorption dans les spectres des rayons X.* A propos de la note précédente, les auteurs rappellent que Kossel avait prévu, dans un certain intervalle de fréquences très petit et très voisin de la tête des bandes d'absorption des rayons X, la présence de lignes d'absorption reflétant les phénomènes superficiels de l'atome (liaisons chimiques, liaisons de cohésion, etc.). Les différences remarquables obtenues par M. Bergengren sont de l'ordre de grandeur des effets prévus par Kossel; mais ici elles doivent correspondre à des modifications allotropiques et non à un effet de liaison chimique. — M. **A. Dauvillier** : *Sur le mécanisme des actions chimiques provoquées par les rayons X.* L'auteur estime que la cause des actions chimiques produites par les rayons X réside dans la destruction des ions négatifs des corps, qui seuls peuvent perdre des électrons, par l'impact des électrons rapides constituant le rayonnement corpusculaire. Les corpuscules lents expulsés neutralisent les ions positifs voisins et des éléments électronégatifs et électro-positifs sont ainsi libérés à l'état atomique. Ceux-ci produisent des colorations dans les substances solides ou visqueuses (cristaux et verres) et de véritables modifications chimiques dans les milieux où ils sont mobiles (électrolytes). — MM. **H. Copaux** et **Ch. Philips** : *Sur la chaleur d'oxydation du glucinium.* Les auteurs ont trouvé : $Gl_{sol} + O_{gaz} = GlO_{sol} + 151,5$ cal. Le glucinium est donc, parmi tous les éléments, l'un des plus énergiquement oxydables; il se classe immédiatement après le calcium. — M. **G. Denigès** : *Réactions microchimiques du radium; sa différenciation du baryum par l'acide iodique.* A partir d'une dilution à 0,30 pour 1.000, les solutions de bromure de Ra et de bromure de Ba donnent, en présence d'acide iodique, des cristaux nettement différents : octaèdres aigus, isolés, très nets, pour les premières; lames allongées, quelquefois pennées et ondulées, pour les secondes. — M. **R. Fosse** : *Analyse qualitative de l'acide cyanique.* L'auteur propose de rechercher cet acide en se basant sur les deux réactions suivantes : formation de l'urée par le chauffage du sel d'argent avec NH^4Cl; abolition de cette propriété par chauffage préalable du sel avec l'acide azotique. — MM. **Aug. Lumière** et **F. Perrin** : *Sur une nouvelle classe d'hypnotiques : les dialcoylhomophtalimides.* L'oxydation du naphtalène donne l'acide homophtalonique, qui, réduit par HI, conduit à l'acide homophtalique, dont le sel d'Am, évaporé à sec et chauffé jusqu'à fusion tranquille, donne l'homophtalide. Les dérivés dialcoylés de ce corps, obtenus au moyen des iodures alcooliques correspondants, jouissent de propriétés hypnotiques qui sont d'autant plus intéressantes que leur toxicité est très faible et qu'ils semblent dépourvus d'actions secondaires défavorables.

3° Sciences naturelles. — M. **F. Kerforne** : *Sur la tectonique du Massif armoricain.* La structure tectonique du Massif armoricain ressort de deux systèmes de plis d'âges différents qui se sont superposés : 1° le système du Léon, dirigé sensiblement SW-NE, comme les plissements calédoniens, antérieur au Dévonien; 2° le système de Cornouaille, de direction ESE-WNW, ou plissement armoricain (hercynien), qui a commencé à se produire au Carboniférien moyen, mais paraît s'être continué jusqu'après le Stéphanien. Les plis armoricains se sont écrasés en maints endroits sur la chaîne à direction calédonienne. — M. **A. Lacroix** : *Sur une série de roches syénitiques alcalines* potassiques *à minéraux* sodiques *de Madagascar.* L'auteur signale l'existence, sur les Hauts Plateaux de Madagascar, d'une série de roches éruptives riches en potasse, caractérisées par la constance du microcline à macles quadrillées, et dont quelques-unes renferment des minéraux sodiques : torendrikite, biotite, néphéline, ægyrine, etc. — M. **C. Sauvageau** : *Sur la membrane de quelques Algues floridées et sur la gélation de l'hydrosol gélosique.* La membrane de toutes les Algues floridées utilisables comme source de gélose possède la constitution celluloso-pectique et le mucilage est dû à la gélification de ses parties pectiques. Mais la membrane des espèces du type *Gelidium* renferme, en outre, un élément colorable en violet par l'iode, l'amyloïde, qui n'existe pas chez les espèces du type *Chondrus*; toutefois, chez l'*Hypnea*, il apparaît après traitement par l'acide sulfurique.

Séance du 11 Octobre 1920

M. le Président annonce le décès de M. **Y. Delage**, membre de la Section d'Anatomie et Zoologie, et de M. **D. P. Œhlert**, correspondant pour la Section de Minéralogie.

1° Sciences mathématiques. — M. **Y. Delage** : *Application du tube de Pitot à la détermination de la vitesse des navires et à l'enregistrement des espaces parcourus.* En établissant sous un navire en marche un tube de Pitot traversant la carène et lisant les indications des hauteurs après avoir repéré le niveau de l'eau ambiante quand le navire est au repos, on peut en déduire facilement la vitesse du bâtiment. L'auteur a perfectionné ce dispositif simple : 1° en transportant les indications de l'instrument en un point quelconque du navire; 2° en rendant ses indications indépendantes des variations de la charge et du tirant d'eau du navire; 3° en enregistrant les indications des vitesses après avoir rendu les

ordonnées de la courbe proportionnelles aux vitesses elles-mêmes et non à leurs carrés, ce qui permet, en déterminant la surface de la courbe, de connaître les espaces parcourus. — M. **W. A. Loth** : *Nouveau procédé de navigation permettant à tout navire d'entrer sans risques dans nos ports et d'en sortir quand les moyens habituels de repérer ses routes lui font défaut.* Ce procédé consiste à immerger sur le fond du chenal à suivre pour gagner les ports un câble armé parcouru par un courant alternatif à fréquence musicale, de 2,5 ampères seulement. Ce courant crée dans l'espace environnant un champ magnétique de même période, qui induit, dans des cadres en bois à enroulement orientés suivant le plan longitudinal du navire et transversalement à lui, des courants provoquant des sons musicaux transmis à un poste d'écoute. Un navire arrivant du large peut trouver facilement la partie la plus en dehors du câble-guide, qu'il suit ensuite parallèlement sur sa droite. Des expériences faites à Brest ont donné des résultats concluants. — M. **Ch. Dévé** : *Sur les ondes de choc, leur réfraction et leur mirage à l'intérieur d'un courant d'air.* L'auteur a étudié les ondes de choc des projectiles en photographiant des projectiles immobiles dans le courant d'air d'une soufflerie puissante. Si l'on appelle « surface de mirage » le lieu des points où les ondes de choc nées dans un courant d'air sont normales aux filets de courant, ou, ce qui revient au même, le lieu des points où la vitesse d'un filet d'air passe par la valeur de la vitesse du son, le phénomène du mirage des ondes de choc peut se définir ainsi : Dans l'intérieur d'un courant d'air, une onde de choc rencontrant la surface de mirage se réfléchit sur le filet de courant qui traverse la surface de mirage en cet endroit.

2° Sciences physiques. — M. **R. Dubrisay** : *Application d'une nouvelle méthode de volumétrie physico-chimique.* L'auteur a appliqué sa méthode physico-chimique à des recherches d'acidimétrie, en particulier à la neutralisation par NaOH de HCl et H^2SO^4. En représentant graphiquement les températures de miscibilité, on obtient pour HCl une droite brisée au point de saturation, et pour H^2SO^4 deux points anguleux correspondant le premier à la formation du sel acide, le second à la neutralisation totale. Ce dernier résultat est confirmé par l'étude du système acide sulfurique-sulfate de soude. — MM. **Ch. Moureu** et **G. Mignonac** : *Sur la déshydrogénation des alcools par oxydation catalytique sous pression réduite.* Les auteurs ont fait connaître une méthode générale de préparation des aldéhydes et cétones basée sur l'oxydation des alcools par l'air en présence d'un catalyseur, l'argent divisé. On obtient des rendements encore meilleurs (70 à 90 %) en traitant les vapeurs d'alcool par l'oxygène sous pression réduite en présence du catalyseur.

3° Sciences naturelles. — M. **P. Termier** : *Les mylonites de la quatrième écaille briançonnaise.* L'auteur a reconnu que les conglomérats à galets cristallins de l'Echauda, à la base de la quatrième écaille briançonnaise, auxquels il avait attribué autrefois une origine sédimentaire et un âge nummulitique, ne sont pas des sédiments, mais des mylonites, c'est-à-dire des brèches d'origine mécanique, résultant de l'écrasement de la 4e écaille et du mélange de ses matériaux écrasés avec les matériaux arrachés à son substratum. Cette écaille provient sans doute de loin, d'une région italienne où tout est cristallin. — M. **P. Bugnon** : *Causes du parcours transversal des faisceaux libéroligneux aux nœuds de Graminées.* Les causes provoquant le brusque changement de direction qu'un faisceau longitudinal peut subir au niveau d'un nœud semblent être : 1° l'absence de la place et du tissu nécessaires pour que sa différenciation puisse se continuer vers le bas ; 2° les facilités qui lui sont par contre offertes à cet égard pour poursuivre sa différenciation dans le sens transversal. — M. **Cl. Beau** : *Sur le rôle trophique des endophytes d'Orchidées.* Par des expériences de germination de graines d'Orchidées, l'auteur montre que le mycélium des mycorhizes endotrophes apporte directement des substances alimentaires à l'intérieur de l'hôte ; il joue un rôle moins important dans la formation des tubercules, la photosynthèse pouvant y suffire. — M. **G. Astre** : *Sur la biologie des Mollusques dans les dunes maritimes françaises et ses rapports avec la géographie botanique.* Au point de vue malacologique, la dune maritime est un milieu caractérisé par sa facilité de dessiccation ; à ce titre, sa faune proprement dite est xérophile. La sécheresse ne permet la vie sur les sables maritimes qu'aux Mollusques les mieux adaptés à l'anhydrobiose ; ceux-ci luttent en s'enfonçant de plus en plus dans la coquille et en sécrétant un épiphragme. Au point de vue botanique, la dune est caractérisée d'abord par sa facilité de dessiccation, ensuite par sa salinité ; il y aura donc une flore xérophylle et une flore halophile. L'auteur distingue dans les dunes quatre zones : abiotique, oligobiotique, mésobiotique et pléistobiotique. — MM. **M. Caullery** et **F. Mesnil** : *Sur l'existence de la multiplication asexuée (scissiparité normale) chez certains Sabelliens* (Potamilla torelli *Malm.* et Myxicola dinardensis *St. Jos.*). Les auteurs ont constaté que, comme les Salmacines, le *Potamilla torelli* se propage asexuellement, par scissiparité (ou schizogenèse), la région postérieure du corps s'autotomisant à un niveau fixe (à 30 segments environ de l'extrémité postérieure), pour constituer un nouvel individu ou schizozoïte. Ces schizozoïtes, même à des stades avancés de la régénération, ne peuvent pas être confondus avec des individus issus directement de l'œuf (oozoïtes). — M. **L. Besson** : *Relations entre les éléments météorologiques et le nombre de décès par maladies inflammatoires des organes de la respiration à Paris.* Le nombre des décès par maladies inflammatoires des organes de la respiration à Paris présente, en moyenne décennale (1904-1913), un maximum principal de 237 décès dans la 7e semaine (milieu de février), et un minimum principal de 72 dans la 36e (début de septembre). Si l'on compare cette variation à celle de la température, on constate que la première est à peu près l'inverse de la seconde, avec un retard de 3 semaines. De plus, quand la fréquence des vents de NNE à E augmente, on constate en général, à une semaine d'intervalle, une augmentation du nombre des décès corrigés de la température. Enfin, par l'effet de la saison, indépendamment des circonstances météorologiques, le nombre de décès est plus grand dans les six premiers mois, et plus petit dans les six derniers.

Séance du 18 Octobre 1920

1° Sciences mathématiques. — M. **A. Mesnager** : *Sur les applications du tube de Pitot.* A propos de la note récente de M. Y. Delage sur ce sujet, l'auteur signale que les trois problèmes que s'était posés M. Delage ont déjà été résolus antérieurement. — M. **Le Prieur** : *Correcteur de route ; nouvelle méthode de navigation aérienne à l'estime.* L'auteur a résolu le problème général de la navigation aérienne à l'estime, qui consiste à se rendre en ligne droite d'un point à un autre en corrigeant automatiquement la route des écarts dus au vent, l'aéronef étant supposé muni d'une boussole compensée. Son appareil est basé sur l'observation de la dérive à deux caps différents. Un report graphique de ces deux dérives permet immédiatement de déterminer le *vent régnant* en force et en direction. Le cap à suivre s'en déduit alors très facilement. — M. **M. Hamy** : *Sur la photographie des étoiles en plein jour.* L'auteur a entrepris dans le massif du Mont Blanc des expériences destinées à déterminer la grandeur limite des étoiles photographiables en plein jour dans l'extrême rouge. Il a reconnu que, dans les conditions atmosphériques où il a opéré, une lunette d'ouverture moyenne aurait permis de photographier, en plein jour, des étoiles de 6e grandeur au moins. — M. **J. Llambias de Olivar** : *Correction des coordonnées lunaires, déduites des observations de l'éclipse annulaire de Soleil du 3 décembre 1918 faites à Montevideo.* La méthode consiste à mesurer avec soin, sur la plaque photographique obtenue pendant la phase annulaire de

l'éclipse, la distance des cercles de déclinaison qui passent par les centres du Soleil et de la Lune à l'instant d'impression de la plaque, et de comparer avec la même différence, tirée de la *Connaissance des Temps*. La différence des deux valeurs représente évidemment la correction de la déclinaison lunaire des éphémérides. Elle serait en moyenne de $20^s,38$.

2° Sciences physiques. — M. **M. Henry** et **François Le Chatelier** : *Sur les propriétés mécaniques des corps plastiques. Importance de la réactivité.* Aux températures assez élevées et sous l'action de forces assez faibles pour éviter l'écrouissage par déformation, le verre, l'acier, et sans doute beaucoup d'autres corps plastiques, prennent successivement trois sortes de déformations : 1° une déformation élastique instantanée, qui disparaît immédiatement après la suppression de l'effort; 2° une déformation subpermanente, du même ordre de grandeur que la précédente; elle se produit lentement et disparaît de même après suppression de l'effort; 3° une déformation visqueuse, continuant la précédente; elle se produit avec une vitesse constante, et ne disparaît pas après la suppression de l'effort. Elle peut devenir assez faible à froid pour échapper aux mesures. — M. **P. Vaillant** : *Sur l'existence d'états intermédiaires dans la phosphorescence du CaS, déduite de l'étude de sa conductibilité.* Le CaS, exposé à la lumière solaire, puis ramené à l'obscurité, présente des variations remarquables de conductibilité, en rapport avec sa phosphorescence; il semble que, sous l'action excitatrice, le phosphorogène passe successivement par deux états 2 et 3, 2 plus conducteur que l'état initial 1, et 3 moins conducteur que 2. Le passage 1-2 libérerait des électrons, récupérés dans le passage 2-3, mais sans retour à l'état initial. Pendant la période d'extinction, le même double passage s'effectue, mais en sens inverse. — M. **Ph. Théodoridès** : *Sur la variation thermique du coefficient d'aimantation des sulfates anhydres et la théorie du magnéton.* L'auteur a déterminé la variation thermique du coefficient d'aimantation spécifique de trois sels paramagnétiques solides, les sulfates manganeux, cobalteux et ferrique anhydres, afin de calculer la constante de Curie. Les résultats obtenus sont conformes à la théorie du magnéton. — M. **A. Dauvillier** : *Nouvelle théorie des phénomènes photographiques.* L'auteur étend aux impressions photographiques la théorie par laquelle il a expliqué les actions chimiques des radiations (voir p. 705). — M. **L. Dubreuil** : *Détermination du nombre des constituants indépendants d'un système de corps.* Etant donnée la nature des corps purs constituant un système, on forme un tableau rectangulaire en écrivant sur la même ligne les exposants numériques du symbole d'un même corps simple dans la formule de tous les corps du système; puis on cherche l'ordre du déterminant le plus élevé, et différent de 0, déduit de ce tableau; c'est le nombre des constituants indépendants du système. — M. **R. Fosse** : *Analyse qualitative microchimique de l'acide cyanique.* Si l'on épuise par l'eau bouillante de très petites quantités de cyanate d'Ag, la solution filtrée se trouble par refroidissement et abandonne des cristaux brillants qui, au microscope (fort grossissement), apparaissent formés de longs filaments. On peut ainsi facilement isoler l'acide cyanique des produits d'oxydation ammoniacale des substances organiques et l'identifier. M. **Ad. Lepape** : *Analyse radioactive des sources thermales de Bagnères-de-Luchon.* Ces sources présentent, au point de vue de la radioactivité, une gamme très étendue, allant de la radioactivité banale des eaux potables (0,5 millimicrocurie par litre) jusqu'aux très hautes valeurs de 26,5, 31,6 et 41,5 millimicrocuries, qui en font les premières sources radioactives françaises.

3° Sciences naturelles. — M. **G. F. Dollfus** : *Probabilités géologiques de découverte du pétrole en France.* D'après l'auteur, ce n'est guère que dans les régions de la Bresse et des Dombes que des forages profonds pourraient avoir la chance de rencontrer des terrains pétrolifères. — M. **Ph. Négris** : *Considérations sur les temps glaciaires.* Pour l'auteur, depuis l'époque würmienne, la région alpine s'est affaissée de 660 m. environ, et cet affaissement a provoqué un recul des glaces; il est probable que toute la partie occidentale du Continent européen a pris part à l'affaissement, qui aurait ainsi provoqué également le recul des glaces du Nord. — M. **H. Ricôme** : *L'orientation des rameaux dans l'espace.* L'orientation des rameaux, sous l'influence de la pesanteur, dépend de la teneur en eau disponible pour permettre l'effet de répartition inégale que détermine la pesanteur. — M. **L. Emberger** : *Etude cytologique des organes sexuels des Fougères.* Les recherches de l'auteur démontrent l'existence dans les organes sexuels des Fougères d'un chondriome composé de deux variétés de mitochondries qui conservent leur individualité au cours du développement. L'une représente des mitochondries devant évoluer sous forme de plastides, l'autre des mitochondries à fonction encore inconnue. — M. et Mme **G. Villedieu** : *De la non-toxicité du cuivre pour les moisissures en général et pour le mildiou en particulier.* La plupart des moisissures ordinaires et le *Penicillium* vivent très bien sur une gélose nutritive sucrée, saturée de citrate cuproammonique; l'action anticryptogamique du cuivre sous forme de sulfate est due à son acide sulfurique libre, et sous sa forme basique à son caractère basique. — MM. **A. Nemec** et **V. Kas** : *Influence favorable du sélénium sur quelques moisissures provenant de l'industrie fromagère.* Le sélénium à l'état de traces exerce une influence favorable sur le développement des moisissures provenant de l'industrie fromagère, en particulier du *Penicillium Roqueforti*. — M. **J. L. Dantan** : *La formation du polypier chez les Antipathaires.* Les cellules sécrétrices qui donnent naissance au squelette interne des Anthozoaires ne sont pas, comme on l'a dit, toujours sans preuve, émigrées des feuillets primordiaux; ce sont des éléments du mésenchyme, et par suite, chez tous, le squelette interne est d'origine mésodermique. — M. **A. Paillot** : *L'immunité chez les Insectes.* L'auteur décrit deux réactions humorales nouvelles, observées à la suite de l'injection de microbes dans le sang des Insectes. Dans certains cas, les microbes, peu après l'injection, perdent la faculté de se mouvoir et se transforment en granules, qui continuent à se développer en formant des masses géantes, de vitalité assez faible, qui peuvent être englobées par les micronucléocytes ou se désagréger dans le sang. D'autres fois, les microbes s'hypertrophient dans le sang sans passer par le stade de granules, puis sont phagocytés ou disparaissent peu à peu. — M. **V. Galippe** : *Recherches sur la présence d'organismes vivants dans les fossiles crétacés, ferrugineux, pyriteux et siliceux.* L'auteur, après avoir traité des fragments de ces fossiles par quelques gouttes d'HCl ou de lessive de soude, en a isolé des organismes vivants : microzymas et bacilles ovoïdes, doués de mouvements généralement très vifs et se cultivant parfaitement. C'est à eux qu'il faudrait attribuer la fossilisation des êtres organisés, par des réactions chimiques lentes. — MM. **G. Bertrand** et **R. Vladesco** : *De la répartition du zinc dans l'organisme du cheval.* Tous les organes et tissus du cheval renferment du zinc en proportions notables : de 3 à 36 mgr. pour 100 gr. de matière fraîche et de 12 à 98 mgr. pour 100 gr. de matière sèche. La teneur en zinc ne varie pas seulement d'un organe ou d'un tissu à un autre, mais encore dans le même organe ou tissu suivant l'individu. — MM. **Aug. Lumière** et **J. Chevrotier** : *Sur un procédé simple et inoffensif permettant d'éviter le choc anaphylactique.* L'hyposulfite de sodium en solution à 5 %, ajouté à la dose de 0,5 cm^3 à une injection de sérum déchaînant chez des cobayes préparés, a complètement empêché les accidents anaphylactiques qui se produisent chez des témoins qui ne reçoivent pas d'hyposulfite. Ce corps paraît agir en empêchant la formation d'un précipité dans le plasma sanguin. — MM. **M. Nicolle** et **H. Césari** : *Effets et constitution des antigènes.* Les cellules et humeurs peuvent renfermer trois sortes de substances, de nature colloïdale, capables d'engendrer des anticorps, et dites pour cela *antigènes* : les enzymes, les

toxines et les constituants indifférents. Chacun de ces trois groupes de corps comprend deux éléments distincts : passif et antigène, qui peut être identifié au granule des colloïdes ; actif et non antigène, qui correspond aux ions libres.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 5 Octobre 1920

M. **A. Desgrez** lit une notice nécrologique sur M. Armand Gautier, membre de l'Académie récemment décédé. — M. le Président annonce le décès de **M. J. P. Morat**, correspondant national.

M. **Léon Bernard** et **R. Debré** : *Les modes d'infection et les modes de préservation de la tuberculose chez les enfants du premier âge.* Les observations des auteurs à la crèche annexée au quartier des tuberculeux de l'Hôpital Laennec ont montré d'une façon claire que l'infection du petit enfant prend sa source dans le contact avec sa mère tuberculeuse. Les enfants de mères bacillifères reconnus indemnes après séparation de leur mère n'ont été préservés de la tuberculose que grâce à cette séparation. Un petit enfant, infecté par le contact avec la mère, s'il est séparé de celle-ci, présente sensiblement autant de chances de survivre que de mourir, contrairement à ce qu'on prétend de l'incurabilité de la tuberculose de la première année. Si dans le 2e mois après la séparation il survit encore, on peut espérer qu'il est sauvé de la mort. — M. **Th. Jonnesco** : *Angine de poitrine guérie par la résection du sympathique cervico-thoracique.* Les symptômes de l'angine de poitrine reconnaissent pour cause une irritation du plexus cardio-aortique, due à une lésion constante de l'aorte. Le réflexe parti de cette origine donne naissance aux troubles douloureux, vasculaires et moteurs, qui constituent le syndrome dit angine de poitrine. Ces troubles ne peuvent se produire que si le réflexe parti du plexus aortique peut aboutir aux centres nerveux, et que ceux-ci peuvent réagir pour produire les phénomènes indiqués. En supprimant la voie centripète entre l'appareil cardio-aortique et les centres nerveux par la résection du sympathique cervico-thoracique, on supprime l'arrivée des réflexes aortiques aux centres nerveux et la réaction des centres qui en résulterait. C'est ainsi que doit être comprise l'action bienfaisante de la résection du sympathique cervico-thoracique dans l'angine de poitrine. Un malade ainsi opéré par l'auteur est complètement guéri depuis 4 ans.

Séance du 12 Octobre 1920

L'Académie adopte à l'unanimité la proposition de M. Hayem, visant la création d'établissements de culture des sciences médicales, en particulier de l'hygiène (voir p. 554).

M. le Dr **A. Thiroux** : *Les anémies graves consécutives à des affections multiples en Annam.* On rencontre en Annam, très fréquemment associés, ankylostomiase, paludisme et syphilis, affections qui, séparément, sont cause d'anémie. Lorsque ces maladies sont réunies, l'anémie prend un caractère de gravité exceptionnel, au point que de nombreux médecins prétendent que ces cas sont incurables et aboutissent fatalement au décès. D'après l'auteur, ils sont curables, à la condition que le médecin n'ignore aucun des éléments qui déterminent ces anémies multiples ; on doit en guérir 75 %. — M. **E. Pittarelli** : *Nouvelle méthode pour la recherche de l'acide lactique dans le suc gastrique et les autres liquides organiques.* L'acide lactique seul (avec l'alcool éthylique et la mannite), parmi les substances organiques que le médecin peut rencontrer dans ses examens de laboratoire, donne de l'acétaldéhyde par une oxydation ménagée avec le permanganate en milieu neutre ; comme il est facile d'éliminer les deux autres corps, cette réaction peut être employée avec succès à la recherche de l'acide lactique. On caractérise l'acétaldéhyde par addition successive de chlorhydrate de phénylhydrazine, d'acide diazosulfanilique et de KOH ou NaOH ; on obtient ainsi une coloration rouge aurore très vive, qui avec $Mg(OH)^2$ forme une magnifique laque cramoisie.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 16 Octobre 1920

M. **H. Violle** : *Diagnostic de la peste bubonique.* Les agglutinines, c'est-à-dire les anticorps les plus aisés à mettre en évidence, se rencontrent d'abord, dans les cas de peste bubonique, au niveau du bubon. Les agglutinations faites avec le liquide extrait de ce bubon sont positives. La réaction n'apparaît pas avec les pus d'adénite d'origine étrangère. — M. **P. Wintrebert** : *L'apparition et le mode primitif des battements du cœur chez les Sélaciens.* La contraction, limitée d'abord au sinus et à l'oreillette, presque confondus, envahit progressivement le ventricule et le bulbe ; elle avance peu à peu sur ceux-ci, comme on voit sur les bandes myotomiques latérales du tronc l'onde propagée gagner des myotomes de plus en plus éloignés de la tête, à mesure que les progrès de la différenciation s'accomplissent ; la différenciation s'effectue d'arrière en avant pour le cœur, tandis qu'elle a lieu d'avant en arrière pour les muscles du squelette. — M. **A. Bass** : *Sérodiagnostic de la tuberculose au moyen de l'antigène de Besredka.* Chez les tuberculeux avérés, la réaction est toujours positive ; chez les sujets sains, la réaction est toujours négative ; chez les sujets suspects, la réaction négative indique l'absence de lésions. — MM. **Ch. Hruska** et **W. Pfenninger** : *Peut-on séparer les anticorps de leurs antigènes ?* Les solutions pures de sucres ont le pouvoir d'enlever aux microbes une partie des agglutinines fixées ; par contre, elles ne peuvent retirer aux virus-vaccins une partie de la sensibilisatrice fixée. — M. **G. J. Stefanopoulo** : *Sur la virulence des cultures de* Spirocheta icterohemorragiæ. Le virus de spirochétose ictéro-hémorragique, conservé depuis longtemps en sérum lapin-eau physiologique, peut récupérer sa virulence en passant par le cobaye. — M. **R. Argaud** : *Sur l'existence de glandes dans le chorion de la trompe de Fallope des Mammifères.* Dans certaines conditions physiologiques et même au cours de certaines affections, les trompes utérines des Mammifères sont le siège d'une double sécrétion beaucoup plus accentuée qu'à l'état quiescent : 1° l'une résulte de l'activité sécrétoire de toutes les cellules qui tapissent la lumière tubaire ; 2° l'autre est réalisée par des glandes intrachoriales momentanément hypertrophiées. — MM. **L. G. Sabathé** et **E. Buguet** : *Note sur la recherche du bacille de Koch dans le sang.* Les auteurs ont fait plus de 130 examens de sang de tuberculeux, à lésions ouvertes ou fermées, crachant ou ne crachant pas de bacilles, à localisations pulmonaires, articulaires ou rénales ; chaque fois, ils ont trouvé des bacilles de Koch dans le sang.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Éd., rue de la Bertauche, 1, Sens.

31e ANNÉE N° 22 30 NOVEMBRE 1920

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences, de l'Académie de Médecine

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Distinctions scientifiques

Les prix Nobel. — La *Revue* est heureuse d'enregistrer l'attribution, par l'Académie des Sciences de Stockholm, du Prix Nobel de Physique pour 1920 à son éminent collaborateur M. Ch. Ed. Guillaume, correspondant de l'Institut, directeur du Bureau international des Poids et Mesures. Tous nos lecteurs connaissent ses beaux travaux de métrologie et de thermométrie de précision, et surtout sa découverte capitale de l'invar, qui a révolutionné la mesure des bases géodésiques et la chronométrie ; aussi applaudiront-ils avec nous à la flatteuse distinction accordée à l'un des membres de notre Comité de rédaction.

Le Prix Nobel de Médecine pour 1919 a été décerné à M. Jules Bordet, directeur de l'Institut Pasteur de Bruxelles, auteur de recherches capitales sur le problème de l'immunité et sur le séro-diagnostic. Le même prix pour 1920 a été attribué à M. Aug. Krogh, professeur de Physiologie à l'Université de Copenhague, qui s'est signalé par des travaux très remarquables, sur la respiration et la ventilation pulmonaire en particulier.

§ 2. — Nécrologie

Yves Delage. — Une des plus éminentes figures du monde scientifique moderne vient de disparaître : Yves Delage, un des plus grands biologistes de notre temps, un des esprits les plus larges et les plus pénétrants, est mort le 7 octobre. A 66 ans, il pouvait avoir encore devant lui des années d'activité scientifique ; son esprit demeurait aussi vif, aussi critique, aussi curieux, et plus approfondi et plus affiné peut-être encore que dans sa jeunesse, en dépit de la grave maladie des yeux dont il était atteint depuis plusieurs années.

Celui qui, maintenant, cherche à embrasser d'un coup d'œil l'œuvre de Delage se trouve en face d'une activité intellectuelle prodigieusement riche et brillante, aussi bien comme résultats obtenus que comme somme de travail dépensé. Car, malgré une facilité de travail exceptionnelle, Delage savait le prix de l'effort ; il savait qu'aucun talent n'en dispense et qu'aucune aptitude naturelle n'est féconde si elle n'est pas servie par un travail consciencieux et opiniâtre.

L'activité scientifique de Delage commence par des travaux de Zoologie pure. Nous ne pouvons en citer ici que quelques-uns, dont les résultats sont devenus classiques. C'est d'abord sa thèse de doctorat, l'*Appareil circulatoire des Crustacés Edriophthalmes* (1881), qui fit connaître, grâce à une technique nouvelle imaginée par l'auteur, la circulation de ces animaux, trop petits pour être injectés par les procédés en usage. C'est ensuite un travail sur l'évolution, tout à fait exceptionnelle dans le règne animal, d'un parasite extrêmement curieux, la Sacculine (*Evolution de la Sacculine, Crustacé endoparasite de l'ordre nouveau des Kentrogonides*, 1884).

D'autres travaux sur des Crustacés suivirent ; mais, contrairement à ce qui arrive pour la plupart des savants, le fait d'avoir travaillé sur un groupe animal n'incita point Delage à continuer dans la même voie. Au contraire, aussitôt une question élucidée, il avait hâte d'en poser une autre, quelquefois tout à fait différente. « La spécialisation est admirable, écrit-il, dans la *Notice* sur ses travaux scientifiques, car elle permet d'aller plus profondément, mais à condition qu'elle soit tardive et ne vienne qu'après des travaux variés qui ont étendu les connaissances et élargi l'esprit. » Aussi résolut-il, après ces quelques mémoires de début, de porter désormais ses recherches sur divers groupes d'animaux, et non seulement sur la morphologie, mais sur la physiologie, l'embryogénie, l'histologie. Vers (*Convoluta*), Vertébrés (Baleinoptère, Leptocéphale), Ascidies (Cynthiadés), Echinodermes, Eponges furent étudiés ainsi, chacun de ces travaux apportant une contribution importante aux connaissances acquises. L'étude de l'embryogénie des Eponges (1892) est particulièrement à signaler, car elle met en question un dogme embryologique, celui des feuillets. Delage devait plus tard mettre en doute bien d'autres dogmes encore.

Des questions de physiologie l'attirèrent également, en particulier celles relatives aux perceptions sensorielles auditives et visuelles. On lui doit, dans cet ordre d'idées, des travaux sur les fonctions des canaux demi-circulaires (1886), sur les otocystes des Invertébrés (1886),

sur les images hypnagogiques (1903 et 1904), sur les mouvements de l'œil (1892 et 1903), sur l'orientation auditive (1905).

Mais ce ne sont ni les recherches de morphologie, ni celles de physiologie qui constituent la grande œuvre scientifique de Delage. Son nom restera attaché surtout d'une part à des travaux sur la parthénogenèse expérimentale, d'autre part à la nouvell orientation qu'il a donnée aux recherches biologiques en France en attirant l'attention des savants sur les questions de Biologie générale et en y apportant lui-même une importante contribution.

Les recherches de Delage sur la parthénogenèse avaient été précédées d'études sur la fécondation et le rôle joué dans celle-ci par les diverses parties de la cellule. Delage s'attaquait à deux dogmes : le rôle exclusif du noyau dans la fécondation et l'individualité des chromosomes (expériences sur la *mérogonie*, 1899). Ce furent ces recherches qui l'amenèrent à s'occuper de parthénogenèse expérimentale. Commencées en 1900, ses nombreuses expériences, faites sur des œufs d'Echinodermes (Oursins et Astéries), aboutirent en 1907 à une théorie générale à laquelle il donna le nom de théorie de la *morphogenèse colloïdale*. A sa base se trouve une certaine conception de la division cellulaire, comme résultant d'une succession de coagulations et de liquéfactions de colloïdes du protoplasme. En provoquant artificiellement ce phénomène, pensa Delage, on peut exciter la cellule — l'œuf vierge en particulier — à se diviser. L'expérience confirma cette vue théorique : en appliquant à l'œuf d'Oursin des réactifs appropriés, coagulants et liquéfiants, Delage réussit à obtenir des développements en très grand nombre, dont quelques-uns allèrent jusqu'à l'âge adulte.

Les recherches dont nous venons de parler se rattachent à une époque où les grandes questions de Biologie générale attiraient Delage beaucoup plus que les recherches descriptives. Bien avant déjà, il s'était lancé dans cette nouvelle direction et avait essayé d'entraîner à sa suite d'autres savants français. C'est en 1895 que parut son livre sur l'*Hérédité et les grands problèmes de Biologie générale*, vaste exposé de nos connaissances sur la structure du protoplasme, les facteurs de l'ontogenèse, l'hérédité, l'évolution des espèces, etc., et les grandes théories s'y rattachant, travail d'une érudition énorme et en même temps d'une lecture passionnante comme un roman, plein d'enthousiasme comme un appel à l'action, bien fait pour entraîner la jeunesse scientifique. Une nouvelle voie s'ouvre devant les savants, disait l'auteur; assez de monographies, de descriptions de détail, « il est temps d'abandonner ces études terre à terre... Toute recherche, pour avoir un réel intérêt, doit aujourd'hui viser la solution d'une question théorique. Il ne faut pas se contenter aujourd'hui de disséquer, couper, colorer ou dessiner. Il faut faire tout cela, non plus pour combler une minime lacune dans nos connaissances anatomiques ou histologiques, mais pour résoudre un problème biologique, si petit soit-il ».

Le livre dont nous parlons n'est, d'ailleurs, pas un simple travail de compilation : il comporte une partie où l'auteur expose ses propres idées, qu'il groupe sous le nom de *théorie des causes actuelles*. « Causes actuelles » — ces mots ont trait surtout aux facteurs de l'ontogenèse : Delage attribue à l'œuf une structure beaucoup plus simple qu'on l'admet généralement; il réduit beaucoup la part de la prédétermination et agrandit d'autant le champ des divers facteurs internes et externes (tropismes, excitation fonctionnelle, action des diverses substances élaborées, etc.), intervenant pendant le développement même. Mais l'idée des « causes actuelles » a guidé le jugement de Delage dans toutes les questions biologiques : il tendait toujours à éliminer la cause finale, pour ne chercher que la cause efficiente. C'est cette tournure d'esprit qui lui a fait repousser la théorie de Weismann, dont il nous a donné une puissante critique, et aussi, beaucoup plus tard, les théories du mendélisme. Sa pensée était plutôt épigéniste et, en ce qui concerne les questions d'évolution, lamarckienne.

Après avoir publié cette vaste mise au point, Delage créa, pour lui faire suite, une grande œuvre à laquelle, pendant de longues années, il devait consacrer tant d'efforts : ce fut un périodique, l'*Année Biologique*, compte rendu annuel des travaux de Biologie générale. Ce périodique, dont le premier volume rend compte de la littérature de 1895 et dont le dernier, portant sur celle de 1918, doit paraître incessamment, va survivre à son fondateur et continuer sa tradition.

Des problèmes d'un tout autre ordre, d'ordre psychologique, depuis longtemps préoccupèrent également l'esprit de Delage. Dès une époque déjà ancienne (1891), il avait entrepris l'étude du phénomène du rêve et avait formulé à cet égard une théorie qui reçut l'approbation d'un psychologue aussi compétent que le fut Ribot. A plusieurs reprises, il était revenu à ces questions et il s'en occupa spécialement pendant les dernières années de sa vie. Le résultat de ces longues études fut un volume important, paru tout récemment (été 1920), où se trouvent exposés les principales théories du rêve, psychologiques et physiologiques, les divers aspects de la question (philosophique, scientifique, moral, littéraire) et les idées propres de l'auteur, tirées d'une vaste et minutieuse expérience personnelle. Cette œuvre, qu'il a eu la satisfaction de voir paraître, est la dernière que nous ayons de Delage.

D'autres questions psychologiques l'intéressèrent : la continuité de l'évolution psychique dans l'échelle animale, le mode de constitution des idées, la question des associations, le sens du comique, etc.

Il faut ajouter aussi à l'œuvre de Delage un ouvrage didactique très considérable, fait en collaboration avec M. Hérouard, le *Traité de Zoologie concrète*, dont 5 forts volumes ont paru et d'autres sont prêts, en manuscrits, dus à plusieurs collaborateurs. Il faut mentionner aussi deux volumes de vulgarisation : les *Théories de l'évolution* et la *Parthénogénèse naturelle et expérimentale*, écrits par Delage en collaboration avec l'auteur de ces lignes.

Et ce n'est pas tout encore. Zoologiste, biologiste, psychologue, théoricien, Delage avait aussi, très développé, l'esprit d'invention technique. Au cours de ces dernières années, il s'intéressa vivement aux études océanographiques et imagina plusieurs appareils pour la mesure de la vitesse et de la direction des courants marins. D'ailleurs, il était lui-même très habile mécanicien et, dans ses peu nombreux loisirs, aimait à faire, tant que sa vue le lui permettait, divers travaux de serrurerie, réalisant ainsi une combinaison rare de savant et d'ouvrier manuel.

La place limitée dont nous disposons nous oblige à passer presque sous silence un côté pourtant très important de l'activité de Delage : c'est son laboratoire maritime de Roscoff. Ayant succédé à H. de Lacaze-Duthiers comme directeur de cette Station, il la transforma entièrement, la dotant de nouveaux bâtiments, de commodités de travail adéquates aux exigences modernes, d'une bibliothèque, de collections, d'embarcations à essence et à vapeur, etc. Il mit au service de cette œuvre qui lui tenait extrêmement à cœur un grand talent d'organisateur et — au cours de ces dernières années surtout — son infatigable activité, et fit de la Station de Roscoff une des premières en Europe.

En terminant cet exposé trop bref, nous ne pouvons nous empêcher de faire connaître un trait encore de cet esprit à aspects multiples. Il existe, de Delage, un petit volume de vers, portant le titre de *Gloria parvis*, consacré à la vie de misère des pêcheurs bretons et inspiré d'un grand souffle d'humanité.

A notre époque de spécialisation à outrance, dans le domaine scientifique surtout, rares sont les hommes qui embrassent d'un coup d'œil le champ entier de la science dont ils cultivent un coin. Plus rares encore sont ceux qui étendent leur curiosité à plusieurs branches de

connaissances et sont capables d'y apporter leur contribution. Et ceux qui joignent à cette culture et à ces aptitudes étendues un sentiment d'art et, de plus, une ingéniosité technique qui les rendent capables d'exercer leur initiative créatrice dans ces domaines si différents, sont tout à fait l'exception.

Yves Delage était un de ces peu nombreux encyclopédistes modernes.

M. Goldsmith.

§ 3. — Art de l'Ingénieur

L'emploi de l'acétylène dans les moteurs à explosion. — A la dernière séance de la Société suisse de Physique, M. Em. Steinmann a fait connaître les résultats des essais qu'il a effectués sur l'emploi de l'acétylène dans les moteurs à explosion[1].

Un moteur à explosion réglé pour fonctionner avec du gaz de ville, de la benzine ou du benzol, peut être alimenté directement avec de l'acétylène, pourvu que la prise d'air puisse être suffisamment ouverte.

Les mélanges d'acétylène et d'air sont inflammables dans de très larges limites (de 3 à 65 % en volume). La combustion n'est complète que si l'acétylène dépasse le 8 % du volume total.

L'onde explosive de ce mélange se transmet avec une très grande vitesse, ce qui produit une explosion brisante. Cet effet peut être atténué complètement par une injection d'eau (ou d'un liquide combustible quelconque), fournie par un carburateur du type ordinaire.

Les gaz de l'explosion ne produisent aucun effet corrosif sur les cylindres et les pistons; le démontage des moteurs après un long fonctionnement en donne la preuve.

La puissance qu'on peut tirer d'un moteur ordinaire à benzine, actionné par l'acétylène, est de 20 à 30 % inférieure à celle qu'il développe au régime de la benzine pure. Mais il n'y a pas de doute qu'avec un moteur construit et réglé spécialement pour l'acétylène la puissance massique n'atteigne celle du moteur à benzine, la chaleur de combustion étant la même pour les deux substances.

Au prix actuel du carbure (70 fr. les 100 kg.) et de la benzine (125 fr. les 100 kg.), l'avantage économique reste à la benzine dans le rapport de 2 à 3.

Quand le prix de revient de l'énergie n'entre pas en ligne de compte (petits moteurs domestiques, etc.), l'alimentation à l'acétylène dissous offrirait, d'après l'auteur, plus de commodité et de sécurité contre l'incendie que la marche à la benzine.

§ 4. — Physique

Nouvelle pile photo-électrique. — M. Case[2], poursuivant ses recherches systématiques sur les substances qui présentent une variation de résistance sous l'influence de la lumière, a été amené à considérer les sulfures, et, en particulier, le sulfure de thallium. Il a réussi à constituer une pile très sensible à base de thallium, de soufre et d'oxygène, à laquelle il a donné le nom de *pile thalofide*, qui en rappelle la constitution.

On fond la matière sur un petit disque en quartz qu'on dispose dans un tube où l'on fait le vide, cela pour augmenter la sensibilité de la pile et empêcher son altération par oxydation.

La pile présente son maximum de sensibilité dans l'infra-rouge ($\lambda = 1\ \mu$). Le bleu et le violet exercent une action nuisible; ils augmentent la résistance d'une manière presque permanente, en sorte que la pile met un temps très long à reprendre sa résistance primitive. Pour éviter cette action, il est bon de constituer le tube où l'on enferme la substance sensible par un verre rouge à base d'oxyde de cuivre.

Pour donner une idée de la sensibilité, indiquons que la résistance que présente la pile dans l'obscurité est abaissée à environ la moitié de sa valeur par un éclairement de 2,5 lux, produit par une lampe à filament de tungstène; pour quelques piles particulièrement sensibles, on obtient la même diminution avec un éclairement de 0,6 lux.

La résistance de ces piles dans l'obscurité est grande par rapport à celle des piles au sélénium. Elle varie de 5 à 500 mégohms: cette résistance diminue quand la température augmente.

Pour actionner ces piles, il convient généralement de ne pas utiliser une tension supérieure à 50 volts. Sous l'action de cette tension, la résistance baisse graduellement, mais un équilibre se réalise bientôt. Une exposition à la lumière abaisse immédiatement la résistance; dès que l'exposition cesse, la résistance primitive se rétablit presque instantanément si l'intensité lumineuse n'a pas été trop forte (et c'est là une supériorité marquée sur les piles au sélénium).

M. Case pense que la nouvelle pile pourrait convenir pour des mesures photométriques.

§ 5. — Chimie physique

La perméabilité du caoutchouc aux gaz. — Cette question si importante pour l'aéronautique, en particulier, vient de faire l'objet de recherches étendues de MM. J. D. Edwards et S. F. Pickering au Bureau américain des Poids et Mesures[1]. Voici les principales conclusions auxquelles les auteurs sont arrivés:

1° La perméabilité des composés à base de caoutchouc varie suivant leur composition, comme on pouvait s'y attendre. Le vieillissement des pellicules de caoutchouc est accompagné d'une diminution de la perméabilité. La sur-vulcanisation produit une diminution analogue.

2° La perméabilité pour chaque gaz est directement proportionnelle à sa pression partielle, pourvu que la pression totale soit constante. La variation de la perméabilité avec la pression totale dépend de l'épaisseur du caoutchouc et de son état de tension.

3° La perméabilité à l'hydrogène est inversement proportionnelle à l'épaisseur du caoutchouc.

4° La perméabilité spécifique à l'hydrogène, à 25° C., du caoutchouc vulcanisé de la qualité employée aux plombages dentaires, est d'environ 20×10^{-6} cm³ par minute. Cette valeur varie quelque peu avec l'âge et les caractéristiques chimiques du caoutchouc.

5° Le coefficient de température de la perméabilité est très élevé. Ainsi, dans les essais à 100°, la perméabilité à CO^2 ou à He est environ 17 fois plus forte qu'à 0°, et 22 fois plus forte pour l'hydrogène.

6° La perméabilité relative du caoutchouc à divers gaz communs est donnée par les chiffres suivants, celle de l'hydrogène étant prise comme unité:

Azote	0,16	Anhydride carbonique	2,9
Air	0,22	Ammoniac	8,0
Argon	0,26	Chlorure de méthyle	18,5
Oxygène	0,45	» d'éthyle	200,0
Hélium	0,65		

7° La perméabilité du caoutchouc à la vapeur d'eau est très élevée, approximativement 50 fois la perméabilité à l'hydrogène.

§ 6. — Ethnologie

Les Esquimaux: leur origine et leur développement. — Les Esquimaux, dont le nombre a pu être évalué à environ 30.000, constituent le véritable peuple arctique. Ce nom d'Esquimau est une appellation qui leur a été donnée par les Indiens d'Amérique et qui signifie « mangeur de poisson cru », mais leur vrai

1. *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 5e pér., t. II, p. 418; sept.-oct. 1920.

2. T. W. Case: *Physical Review*, 2e série, t. XV, p. 289; avril 1920.

1. *Bureau of Standards, Scientific Paper*, n° 387.

nom, celui qu'ils se donnent à eux-mêmes, est *Innuit*, c'est-à-dire « hommes ».

Longtemps les Esquimaux ont été regardés comme de vrais sauvages et ils ont eu à subir d'atroces traitements, non seulement des Peaux-Rouges, mais même des premiers voyageurs blancs qui les ont rencontrés. Ce furent les véritables explorateurs scientifiques qui surent nouer avec eux des relations basées sur des sentiments d'humanité, et c'est ainsi que peu à peu l'on put connaître et apprécier leurs caractères et leurs qualités. L'un des premiers fut l'Anglais John Davis qui, dans trois expéditions, de 1585 à 1587, suivit la côte occidentale du Grönland. Mais ce fut surtout à partir du XIXe siècle que de grands voyageurs, dont nous rappellerons les plus célèbres, en fréquentant ces populations, acquirent à leur sujet des connaissances scientifiques et n'eurent qu'à se louer de leurs rapports avec elles.

Edward Parry, au cours des explorations arctiques qu'il accomplit de 1818 à 1827, mit à profit les indications des Esquimaux. Durant son voyage de 1903-1906, Roald Amundsen eut aussi les meilleurs rapports avec les Esquimaux et il étudia de près plusieurs tribus, notamment celle des Netchjilli, dont il analysa de nombreuses particularités curieuses. Robert Peary, qui avait très longtemps vécu parmi les Esquimaux, connaissait à fond leur mentalité et il avait su se faire d'eux de précieux auxiliaires ; il a pu lui aussi réunir sur eux bien des connaissances nouvelles. Parmi les autres explorateurs qui ont apporté une très importante contribution à l'étude des Esquimaux, il faut citer Wilhjalmur Stefansson qui, au cours de deux longs voyages, parcourut entièrement, entre 1906 et 1912, toute la côte arctique américaine, depuis le golfe de Kotzebue jusqu'au golfe Coronation, situé au sud de la terre Victoria [1].

Nous ajouterons enfin le nom de l'explorateur danois Knud Rasmussen qui, durant ses nombreux voyages au Grönland, où il était né d'ailleurs, a pu faire une étude très approfondie de la langue, des traditions, des mœurs, du degré de culture et du genre de vie des Esquimaux habitant toute la zone côtière de la grande île. Il est, ainsi que Peary, l'un des voyageurs qui auront eu avec cette race le contact le plus direct et le plus intime. En 1902, il a observé la tribu du cap York, sur la côte occidentale du Grönland, et il a présenté plus tard un projet d'exploration en vue d'étudier sur place le problème de l'origine et des routes d'immigration des Esquimaux de cette terre [2]. Après ses explorations de 1910-1913 sur la côte nord du Grönland, de 1916-1918 dans toute la partie nord-ouest, il visita en 1919 la côte orientale, complétant ainsi son étude détaillée de tout le littoral [3]. Les comparaisons qu'il put faire entre la langue et la culture des Esquimaux de l'est et de ceux de la côte occidentale lui révélèrent beaucoup de faits d'une très notable signification qu'il se propose de présenter d'une façon complète dans une prochaine publication.

1. Nous citerons, parmi ses travaux : My life with the Eskimo (Londres, 1913, in-8°) ; The distribution of human and animal life in western arctic America (*The Geographical Journal*, XLI, 1913, p. 449-460) : Misconceptions about life in the Arctic (*Bul. Amer. Geogr. Soc.*, XLV, 1913, p. 17-32) ; Prehistoric and present commerce among the Arctic coast Eskimo (*Geol. Survey Canada, Mus. Bul.*, VI, 1914).

2. Knud Rasmussen : Project of a Danish expedition to the central Eskimo (*The Geographical Journal*, XXXV, 1910, p. 295-299). — Il avait précédemment réuni de nombreux documents sur ce peuple dans : The people of a Polar North ; a record ; Londres, 1908, in-8°.

3. W. Elmer Ekblaw : Completion of Rasmussen's study of the Greenland Eskimos (*The Geographical Review*, New-York, mars 1920, p. 210-211). — Sur les précédents voyages de Rasmussen, on peut se référer aux articles de Charles Rabot, dans *La Géographie*, t. XXVII, 1er sem. 1913, p. 375-377 ; t. XXXII, 1918, p. 195. Nous avons également signalé ces voyages dans la *Revue générale des Sciences*, 15 février 1914, p. 97-98 ; 15 juin 1919, p. 333.

L'un des problèmes importants qui se posent au sujet des Esquimaux est de savoir quelle est la contrée pouvant être exactement regardée comme leur pays d'origine et le centre de développement de leur civilisation propre. Par les connaissances que les explorateurs ont réunies sur eux, on ne peut que mieux expliquer leurs divers déplacements et les transformations subies par cette race sur les différents points qu'elle a occupés.

Les Esquimaux sont surtout un peuple vivant sur des côtes et ils en occupent presque sans interruption une étendue de 8.000 kilomètres, depuis le nord-est du Grönland jusqu'à l'ouest de l'Alaska. Des groupes de ce peuple ont même passé le détroit de Béring et gagné l'extrême nord-est de l'Asie. Sur toute cette étendue, il ne paraît pas y avoir de point où ils vivraient à plus de 50 kilomètres de la côte. On a pu constater la présence des Esquimaux presque jusqu'au nord du Grönland. Peary a décrit une tribu de 234 individus par 78° 18 lat. N. Le lieutenant américain Greely a trouvé des traces du séjour permanent de ce peuple par 81°44. Le point le plus méridional occupé par les Esquimaux est le Labrador. Ils ont été nombreux dans cette région, mais cette peuplade s'est trouvée beaucoup diminuée par des maladies épidémiques ; son chiffre, qui était évalué dans ces derniers temps à 2.500, a subi en 1919 une baisse considérable par les ravages de la grippe dite espagnole [1]. Les Esquimaux s'étaient même avancés il y a un certain nombre d'années jusque dans le nord de Terre-Neuve et non loin de l'estuaire du Saint-Laurent.

Comme race, il paraît certain que les Esquimaux se rattachent au tronc jaune mongolique, mais on ne saurait dire avec certitude quel a été leur habitat primitif. Généralement on les considère comme ayant vécu le plus anciennement sur les rivages de la baie d'Hudson, d'où ils se seraient répandus vers le nord, puis seraient passés au Grönland et plus récemment en Asie. D'autres placent leur habitat primitif dans le sud de l'Alaska. Enfin Peary, reconnaissant aux Esquimaux une origine asiatique, a émis l'opinion qu'ils descendaient d'une ancienne tribu sibérienne qui aurait été jadis refoulée par les invasions tartares. Cette explication, nous semble-t-il, pourrait être parfaitement admissible et elle concorderait avec les autres opinions formulées, en ce sens que les diverses régions indiquées comme l'habitat primitif des Esquimaux seraient autant de stations, Sibérie, Alaska, baie d'Hudson, dans lesquelles ils auraient gardé longtemps leur centre principal, au cours de leurs migrations qui les ont plus généralement portés de l'ouest vers l'est, sauf des retours partiels dans les pays où ils avaient vécu auparavant, et cette façon de voir se trouverait concorder avec l'origine mongolique de la race.

Un savant danois, H. P. Steensby, qui avait déjà consacré plusieurs travaux à l'étude des Esquimaux [2], a, dans son dernier ouvrage [3], qui est un développement et une revision des précédents, présenté d'intéressantes considérations sur les circonstances pouvant expliquer l'origine et le développement de leur civilisation. D'après la thèse soutenue par l'auteur, cette civilisation aurait pris naissance à l'ouest de la baie d'Hudson autour du golfe Coronation. Toute la surface des Barren Grounds, ou

1. S. Reizler : Les Esquimaux du Labrador décimés par la grippe. Leur répartition géographique (*La Géographie*, t. XXXII, 1918-1919, p. 513-515).

2. Om Eskimo Kulturens oprindelse : En etnografisk og antropogeografisk studie (Copenhague, 1905, in-8°) ; Contributions to the ethnology and anthropogeography of the Polar Eskimos (*Meddelelser om Grönland*, vol. XXXIV, Copenhague, 1910, p. 253-406).

3. An anthropogeographical study of the origin of the Eskimo culture (*Meddelelser om Grönland*, vol. LIII, Copenhague, 1917, p. 39-228). — Un exposé des conclusions de l'auteur a été donné et accompagné de diverses critiques par Clark Wissler : Arctic geography and Eskimo culture ; a review of Steensby's work (*The Geographical Review*, New-York, février 1920, p. 125-138).

terres stériles, comprises entre ce golfe et la baie d'Hudson, était primitivement un centre indien de chasse et elle devint un milieu de civilisation des Esquimaux par la mise à profit que ceux-ci surent faire des conditions de vie que leur offrait la banquise d'hiver bordant le golfe Coronation. Les créateurs de cette civilisation sont appelés les *anciens* Esquimaux. Puis, leur expansion sur de nouveaux territoires, Alaska ou Grönland, et leur contact avec d'autres peuples amenèrent des modifications de cette civilisation, et ainsi se formèrent de *nouveaux* Esquimaux. Durant le XIXe siècle, il semble bien, comme le dit M. Steensby, que le nombre total des Esquimaux est demeuré inférieur à 40.000, et il est douteux qu'ils aient jamais été plus nombreux. Une population aussi restreinte n'a certainement pu à aucun moment occuper sur son entière étendue les côtes arctiques, et les nécessités l'ont entraînée à se diviser en petits groupes.

M. Steensby montre les rapports qui existent entre les lieux de concentration de ce peuple et les zones de répartition des animaux utilisables pour l'alimentation et tous les autres besoins de la vie. Chasseurs et pêcheurs, les Esquimaux ont suivi, dans leurs principaux déplacements, l'influence de ces conditions zoologiques. Parmi les animaux qui leur offrent le plus de ressources de tout genre, il faut citer au premier rang le bœuf musqué et une sorte de renne, le *Rangifer caribou*, ce nom de caribou désignant une espèce propre à l'Amérique du Nord. Des cartes reproduites par M. Clark Wissler, du Muséum américain d'Histoire naturelle, dans un article où il présente une analyse et des critiques de l'article de M. Steensby, nous font voir d'une part l'habitat ordinaire de ces deux mammifères, d'autre part celui des Esquimaux dans le présent et le passé, ainsi que leurs routes de migration.

Malgré tout l'intérêt des observations présentées par M. Steensby, elles ont néanmoins amené des objections. Ainsi, l'idée que la route du bœuf musqué aurait été le chemin ayant conduit les Esquimaux du côté du nord, a été critiquée par Rasmussen : il fait ressortir l'impossibilité qu'il y aurait eu pour les Esquimaux à suivre, en raison de sa nature physique, toute la côte septentrionale du Grönland. D'autre part, les recherches archéologiques faites sur cette terre ont montré qu'il n'y avait aucune trace des ancêtres des Esquimaux de l'est dans la partie nord de l'île, et cependant tous les restes, aussi loin qu'ils aient été trouvés, relient directement ces habitants de l'est aux Esquimaux polaires de la côte nord-ouest : il en résulterait donc que, malgré des impossibilités apparentes, une pareille migration aurait pu se produire. On voit que bien des incertitudes subsistent sur les mouvements des Esquimaux et leurs causes, malgré toutes les études faites.

Aussi, pour être de mieux en mieux éclairé sur ces questions, ne saurait-on trop faire appel aux données scientifiques de toute nature et suivre actuellement tous les mouvements qui peuvent se produire chez les Esquimaux. Une récente migration vient précisément d'être signalée[1]. Un groupe de douze familles, prenant le détroit de Smith, s'est dirigé du nord-est du Grönland vers l'entrée du Pond Inlet, dans la partie nord de la Terre de Baffin, pour y visiter les Esquimaux qui s'y trouvaient. La plupart de ces émigrants étaient des descendants des Esquimaux qui, durant toute une moitié du XIXe siècle, étaient partis de ce point ; les nouveaux voyageurs, formant ainsi une migration en sens inverse de celle qui avait été faite précédemment, retournaient donc vers leur demeure ancestrale. Quelques-uns de ces Esquimaux avaient été les compagnons du voyageur américain Elmer Ekblaw au cours d'une longue tournée faite par lui au Grönland en 1915.

Gustave Regelsperger.

1. W. Elmer Ekblaw : A recent Eskimo migration and its forerunner (*The Geographical Review*, New-York, février 1920, p. 142-144).

§ 7. — Physiologie

Sang urémique et sécrétion rénale. — On ne connaît guère l'action que peut exercer le système nerveux sur la sécrétion rénale en dehors de l'intervention des centres et nerfs vaso-moteurs ; on sait que, si l'on pratique en un point convenable une piqûre bulbaire, on provoque la polyurie, mais on ne saurait dire exactement pourquoi et comment. Or résoudre le problème de l'action du système nerveux sur la production d'urine n'est pas sans intérêt à une époque où l'on peut envisager, même au point de vue chirurgical, la possibilité plus ou moins prochaine de greffer des reins. C'est pourquoi une communication de MM. Pi Suner et Bellido, les distingués physiologistes de Barcelone, au Congrès de Physiologie mérite de retenir notre attention.

Si on recueille chez le chien du sang urémique, c'est-à-dire du sang provenant d'animaux ayant préalablement subi la double néphrectomie, et si on injecte ce sang dans les veines de chiens normaux, on constate qu'il exerce une indéniable action sur la production urinaire : injecté à dose faible, il augmente la diurèse ; injecté à dose forte, il la diminue ou la supprime.

Si on répète ces essais en injectant le sang urémique dans les veines de chiens auxquels on a sectionné quelques jours auparavant les nerfs des reins, on peut reconnaître que l'effet est nul ou à peu près nul.

Les reins armés de leurs nerfs normaux sont donc aptes à percevoir des modifications de composition du sang circulant dans leurs vaisseaux et à réagir fonctionnellement en raison de l'excitation perçue.

La quantité d'urine produite ne dépend donc pas exclusivement de la pression artérielle et de la richesse de l'organisme en eau, mais encore de la composition du liquide sanguin. Et cette remarque nous ramène au problème de l'action des diurétiques, qu'il y aurait tant d'intérêt à approfondir.

§ 8. — Histoire de la Science

Un anniversaire ignoré. — La date du 11 novembre 1920, en plus de son intérêt national, ramène à trois cents ans d'intervalle un anniversaire de la pensée scientifique. Descartes avait, en effet, mis en marge d'un de ses manuscrits la note suivante : *XI Novembris 1620 cœpi intelligere fundamentum inventi mirabilis* : le 11 novembre 1620 j'ai commencé à comprendre le fondement d'une découverte digne d'admiration. Il avait eu déjà en 1619 et à la même date sa nuit d'enthousiasme durant sa retraite d'hiver passée dans un poêle. Il l'avait ainsi notée : *X Novembris 1619, cum plenus forem enthusiasmo et mirabilis scientiæ fundamenta reperirem...* D'après le texte même du *Discours de la Méthode* (1637), c'est en 1619, que Descartes « empruntant tout le meilleur de l'analyse géométrique et de l'algèbre, corrigeant tous les défauts de l'une par l'autre », jeta les bases de sa « mathématique universelle » qui devait faire dans son esprit de toutes les sciences une même chaîne. La découverte remarquable qu'il fit et nota en 1620 est probablement (d'après Carnot) cette méthode des indéterminées « qui est si admirable qu'elle touche à l'analyse infinitésimale, et que l'analyse infinitésimale n'en est qu'une heureuse application ».

A vingt-quatre ans, Descartes était en possession des bases de tout son système scientifique. Pendant que cette grande pensée va fonder à partir du célèbre « Je pense donc je suis » toute une philosophie nouvelle, sa méthode va guider par ses principes ou ses effets la plupart des sciences modernes. C'est cette influence prépondérante d'un génie français que l'on célébrait dernièrement aux fêtes organinées à Amsterdam en l'honneur de Descartes. On y a rappelé les grandes étapes de la pensée cartésienne. Et puisque le philosophe en a noté lui-même les dates, on peut rappeler celle du 11 novembre 1620 si intéressante pour l'histoire générale des sciences.

Jean et Charles Félix.

L'ALCOOL ALIMENT

La grande guerre européenne a remué profondément la vie des peuples, surtout de ceux qui ont pris part à la lutte, et a soulevé un grand nombre de problèmes d'ordre scientifique, médical, hygiénique, économique, social, etc. Je demande la permission aux lecteurs de la *Revue générale des Sciences* de traiter, dans les lignes qui vont suivre, la question de l'alcool, qui touche, de très près, à tous ces problèmes.

Les différents peuples consomment depuis des milliers d'années des boissons alcooliques, de composition et de préparation très variées, et les partisans de l'alcool trouvent, justement en cela, un argument puissant en leur faveur. Mais, si vieille soit-elle, cette habitude n'est pas moins une erreur, comme bien d'autres, avec laquelle l'humanité vit depuis des siècles et que la science peut, heureusement, rectifier aujourd'hui.

Suivons donc, à la lumière des recherches physiologiques entreprises pendant les dernières 50 années, les prétendus effets salutaires de l'alcool sur notre organisme.

I. — L'alcool stimulerait la sécrétion du suc gastrique et favoriserait la digestion stomacale

Nous savons aujourd'hui, grâce aux mémorables travaux de Pawlow et de ses élèves, que la sécrétion du suc gastrique est conditionnée, quantitativement et qualitativement, par les substances alimentaires qu'il est appelé à transformer, et ce serait une erreur de croire que n'importe quelle matière introduite dans l'estomac est capable d'exciter la sécrétion de ses glandes.

L'alcool, n'ayant à subir aucune modification dans l'appareil digestif, ne peut provoquer l'écoulement d'un vrai suc gastrique. Il n'est pas peptogène dans le sens de Schiff (Radzikowski[1]). Le suc qui se produit après son ingestion, quoique plus riche en acide chlorhydrique (Chittenden, Mendel et Jackson[2]), est plutôt une sécrétion de défense contre l'alcool, qu'il agisse directement sur la muqueuse gastrique ou indirectement par l'intermédiaire de la circulation. C'est une action semblable que l'alcool exerce sur le pancréas, en provoquant l'écoulement d'un suc beaucoup moins actif (Gizelt)[3].

Mais ce sont les digestions artificielles, pepsiques ou pancréatiques, qui montrent, de la manière la plus claire, que l'alcool ralentit toujours l'action de ces ferments (Schutz[1], Petit[2], Gizelt[3]). Si dans la digestion naturelle cette action ne se fait pas trop sentir, c'est parce que l'alcool ne reste pas longtemps dans l'appareil digestif ; il s'absorbe très vite, une faible partie dans l'estomac même et le reste dans l'intestin.

Donc, l'action apéritive et digestive de l'alcool est une pure illusion. La vue, l'odeur et le goût des aliments sont les seuls apéritifs naturels.

II. — L'alcool exciterait le système nerveux, d'où augmentation de sa puissance

Les recherches physiologiques prouvent tout le contraire :

a) Les fonctions psychiques supérieures, les premières atteintes par l'alcool, loin d'être activées, sont au contraire diminuées, ce qui se traduit par l'interprétation plus difficile des impressions sensitives, par le ralentissement des processus d'association et de mémoire, par la diminution de la vitesse de la lecture, etc. (Kräplin[4], Rudini[5], Specht[6]) ;

b) La période latente des réflexes est augmentée (Benedict et Dodge[7]) ;

c) Le nombre des vibrations nerveuses volontaires, dans l'unité de temps, a une tendance manifeste à diminuer (Athanasiu[8]) ;

d) La vitesse de l'onde nerveuse est diminuée (Lucas[9]) ;

e) Les réflexes thermo-cutanés sont diminués (Lussana[10]) ;

f) Le cœur est ralenti (Maki[11], Dresser[12], Diabala[13], Martin et Stevens[14], Backmann[15], Kuno[16], Kochmann[17], Nicoulesco[18]). Ce ralentissement serait précédé d'une phase d'accélération, très

1. *Arch. f. d. ges. Physiol.*, t. LXXXIV, p. 513; 1901.
2. *Amer. Journ. of Physiol.*, t. I, p. 164; 1898.
3. *Arch. f. d.ges. Physiol.*, t. CXI, p. 620; 1906.

1. *Centr. f. Klin.*, 1885.
2. Morat et Doyon: Traité de Physiol., tome IV, p. 241.
3. *Loc. cit.*
4. Ueber d. Beeinfluss. einz. psych. Vorgang. durch einzig. Arzneimittel, 1892.
5. Psych. Arbeit, Bd. IV, p. 1.
6. Beeinflus. d. Sinnesfunk, durch. geringe Alkoholmenge, Bd. I; 1906.
7. *Proceed. of the National Acad. of Sciences*, p. 605-608; 1915.
8. *Compt. rend, Acad. Sciences*, t. CLXX, p. 757; 1920.
9. *Journal of Physiol.*, t. XLVI, p. 470; 1914.
10. *Archivio di Fisiol.*, t. IV, p. 74; 1907.
11. Dissert, Strasburg., 1888.
12. *Arch. f. exp. Path. u. Pharmak.*, p. 321; 1888.
13. *Arch. f. exp. Path. u. Pharmak.*, t. XXXIV, p. 291; 1894.
14. *Labor. Hopk. Univ. Baltimore*, vol. III.
15. *Skand. Arch. f. Physiol.*, t. XVIII, p. 323; 1906.
16. *Arch. f. exp. Path. u. Pharmak.*, t. LXXIV, p. 399; 1914.
17. *Arch. f. exp. Path. u. Pharmak.*, t. LI, p. 329; 1904.
18. Inst. de Physiol. de Bucarest, 1915.

courte d'ailleurs (Boecke [1], Loeb [2], Dold [3], Dixon [4], Bianchi [5], Brandini [6], Galeoti et Jori [7]).

De toutes ces constatations, il résulte que l'alcool non seulement n'augmente pas la puissance du système nerveux, mais au contraire la diminue dès le début.

Tout le monde connaît cependant la sensation de puissance nerveuse que l'on éprouve peu de temps après son absorption. *C'est là une autre illusion procurée par l'alcool* et dont le mécanisme réside dans la mise hors d'état des centres inhibiteurs du cerveau, qui sont touchés les premiers (Benedict [8]). Libérés de leur frein naturel, les centres moteurs font semblant d'être plus vifs; mais ce serait une erreur de croire que leur quantité d'énergie s'est accrue. Ils ne font que dépenser, dans un temps plus court, la réserve dont ils disposent, en commandant des mouvements moins précis et moins ordonnés. A cette phase correspond l'abondance de gestes et de paroles chez certaines personnes, peu de temps après avoir pris des boissons alcooliques. Souvent elles vont jusqu'à divulguer des secrets qu'elles devraient garder soigneusement. *In vino veritas*, disaient les Romains, qui connaissaient bien cette action de l'alcool.

Mais cette phase ne dure que quelques instants et les centres moteurs vont subir à leur tour les effets de l'alcool, d'où la dépression nerveuse, de durée d'autant plus longue que la quantité ingérée a été plus grande.

III. — L'alcool donnerait de la force aux muscles

Nombreux ont été les travaux entrepris sur ce problème dans les différents pays d'Europe et d'Amérique. Malheureusement tous n'arrivent pas aux mêmes conclusions, et on pourrait les partager, à cet égard, en trois groupes principaux :

a) Travaux suivant lesquels l'alcool fournirait de l'énergie à notre organisme, au même titre que les hydrates de carbone et les graisses (Lee et Salant [9], Atwater et Benedict [10], Krieger [11], W. Lombard [12], Schumburg [13], etc.).

b) Travaux suivant lesquels la force de l'organisme serait d'abord accrue par l'alcool et ensuite diminuée (De Starlo et Bernardini [1], Rossi [2], Destré [3], Scheffer [4], Partridge [5], Helsten [6], Hoogenhuyze et Nieuwenhuyze [7], etc.).

c) Travaux suivant lesquels la force de l'organisme diminuerait dès le début (Stewart [8], Glück [9], Alberti et Tumiati [10], Féré [11], Chauveau [12], Schnyder [13], Rosemann [14], Durig [15], Athanasiu [16], etc.).

d) Enfin il y a des travaux qui prouvent que l'alcool ne peut pas réparer l'usure occasionnée par la fatigue, mais au contraire l'aggrave (Barkan, Giuliani, Signorelli, Higgins et Viale [19]).

Nous voyons donc que la grande majorité des auteurs, qui ont étudié la valeur dynamogène de l'alcool, arrivent à la conclusion qu'il diminue la force des muscles. Si quelques-uns ont trouvé que cette diminution est précédée d'une phase d'accroissement, très courte d'ailleurs, cela doit être attribué aux différences individuelles des sujets en expérience, peut-être aussi à la technique employée et surtout à l'illusion de puissance due à la paralysie des freins nerveux.

Mais il y a les travaux qui prétendent que l'alcool peut fournir de l'énergie aux muscles, comme les hydrates de carbone et les graisses, et parmi ces travaux celui d'Atwater et Benedict a eu le plus grand retentissement. On sait en quoi a consisté l'expérience de ces auteurs : une personne en équilibre nutritif est enfermée dans la chambre respiratoire et calorimétrique et on substitue, dans sa ration alimentaire, une partie des hydrocarbonés par de l'alcool, en proportion isodynamique. Les échanges respiratoires et la chaleur produite sont restés les mêmes qu'avec la ration normale, d'où la conclusion que l'alcool a été utilisé par l'organisme. Tous les défenseurs de l'alcool, et parmi eux il faut citer des chimistes illustres comme Duclaux et A. Gautier, ont trouvé dans l'expérience d'Atwater et Benedict

1. Dissert. Amsterdam, 1901.
2. *Arch. f. exp. Path. u. Pharmak.*, t. LII, p. 459; 1905.
3. *Arch. f. ges. Physiol.*, t. CXII, p. 600; 1906.
4. *Journ. of Physiol.*, t. XXXV, p. 346; 1907.
5. *Lo Speriment.*, vol. LXI; 1907.
6. *Arch. di Farmacol. Sper.*, vol. XII, p. 178; 1913.
7. *Arch. di Fisiol.*, vol. XII, p. 401; 1914.
8. *Bulletin de la Soc. d'Hygiène alimentaire*, vol. VII, p. 518; 1919.
9. *Amer. Journ. of Physiol.*, t. VIII, p. 61; 1903.
10. *Proc. National Acad. of Sciences U. S. A.*, vol. VIII; 1902.
11. *Arch. f. d. ges. Physiol.*, t. CLI, p. 479; 1913.
12. *Journ. of Physiology*, t. XIII, 1892.
13. *Arch. f. Physiol.*, supl. Bd., p. 289; 1899.

1. *Riv. Sper. d. Freniatria*, t. XVIII, p. 11; 1892.
2. *Arch. ital. de Biol.*, t. XXIII, p. 25; 1895.
3. *Le Mouv. Hyg.*, 1897, nos 11-12.
4. *Arch. f. exp. Path. u. Pharmak.*, t. XL, p. 24; 1900.
5. *Amer. Journ. of Psychol.*, vol. II.
6. *Verhandl. d. Versaml. Nord. Naturforsch. u. Aertzte in Helsingfors*, 1902.
7. *Kon. Akad. Wetensch.*, t. XXII, p. 75; 1913.
8. *Amer. Journ. of Physiol.*, vol. I; 1898.
9. *Munch. med. Woch.*, p. 1365; 1899.
10. *Riv. d. Psychiatr.*, t. XXXIX, p. 25; 1912.
11. *Compt. rend. Soc. de Biol.*, 1900.
12. *Compt. rend. Acad. Sciences*, t. CXXXII, p. 65; 1901.
13. *Arch. d. Psychol.*, t. VI, p. 209; 1907.
14. *Arch. f. d. ges. Physiol.*, t. C, p. 348; 1903.
15. *Arch. f. d. ges. Physiol.*, t. CXIII, p. 341; 1906.
16. *Compt. rend. Acad. Sciences*, t. CLXX, p. 757; 1920.
17. *Archiv. di Fisiol.*, t. XII, p. 277; 1914.

une preuve irréfutable de la combustion de l'alcool dans l'organisme et de sa valeur dynamogène. — Cependant, si l'on examine de plus près cette expérience, ainsi que l'a fait Lefèvre[1], on voit qu'elle ne prouve nullement l'utilisation de l'alcool. Il est beaucoup plus probable que l'organisme a consommé une partie de ses réserves d'hydrocarbonés et de graisses, équivalente à celle substituée par l'alcool dans la ration alimentaire, comme il l'aurait fait si elles n'étaient remplacées par rien. A l'appui de cette opinion viennent les recherches de Gréhant[2], Friedmann[3], Wöltz et Dietrich[4], qui prouvent que l'alcool brûle très lentement dans l'organisme et qu'il peut être mis en évidence même 18-24 heures après son ingestion. D'ailleurs l'interprétation que l'on a donnée de l'expérience d'Atwater et Benedict a dépassé de beaucoup le sens que ces auteurs lui ont eux-mêmes attribué. Voici en effet comment ils se sont exprimés : *That the alkohol contributed its share of energy for muscular work is a natural hypothesis and very probable, but not absolutely proven.*

Les recherches ultérieures ont amplement prouvé que l'alcool, même en petite quantité, loin d'être une source d'énergie pour le travail de l'homme, est au contraire nuisible par ses effets déprimants sur le système nerveux, tout spécialement. Il diminue non seulement la quantité du travail de l'ouvrier (approximativement 25 % suivant Durig[5]), mais aussi sa qualité, faute de précision des mouvements, et cela se traduit par une grande perte au point de vue économique.

Le peuple qui supprimera le premier la consommation de l'alcool aura certainement une grande avance sur les autres.

IV. — L'alcool brûlerait dans notre corps et nous réchaufferait

Liebig a émis le premier l'opinion que l'alcool brûlerait dans l'organisme comme dans la bombe calorimétrique, sans apporter toutefois aucune preuve physiologique à l'appui. Cependant cette idée a régné en science pendant presque tout le XIXe siècle, malgré les avis contraires de Magendie, Lüdger, Lallemand, Duroy et Perrin[6]. Ce dernier a entrepris des recherches sur lui-même et dans sa note présentée à l'Académie des Sciences, en 1864, par Cl. Bernard, il affirme que l'alcool diminue l'intensité des échanges respiratoires, qu'il s'élimine en partie comme tel et que celui qui reste dans l'organisme pervertit ses fonctions, surtout celles du système nerveux. — De ces recherches Perrin conclut que l'alcool n'est pas un aliment et qu'il reste une substance étrangère pour l'organisme. Mais les auteurs qui ont étudié ensuite cette question ne sont pas tous arrivés aux mêmes conclusions ; ainsi suivant Binz[1], Stammreich[2], Neumann[3], Caspari[4], Rosemann[5], Atwater et Benedict[6], etc., l'alcool produirait de la chaleur dans l'organisme comme les graisses et les hydrates de carbone. Mais cette combustion, si toutefois elle se produit, est très lente, car Gréhant, Friedmann, Wöltz et Dietrich ont pu mettre en évidence l'alcool dans les tissus 24 h. après son ingestion.

Examinons cependant de plus près le mécanisme des combustions intraorganiques pour voir si réellement l'alcool peut se comporter comme les aliments proprement dits. Tout d'abord, ce serait une erreur de croire que ces aliments brûlent dans nos tissus comme le bois ou le charbon dans le poêle. Alors que entre celui-ci et le combustible ne s'établit aucune relation chimique, il n'en est pas de même pour l'organisme. Ici les aliments doivent être préalablement assimilés, c'est-à-dire incorporés dans le protoplasma cellulaire ou pour mieux dire vivifiés. Et, quand la combustion a lieu dans la cellule, ce n'est pas la molécule de graisse ou de sucre qui brûle toute seule, mais une portion de son protoplasma vivant lui-même. La preuve en est que toute fonction organique s'accompagne d'élimination de bioxyde de carbone, d'eau et de produits azotés. Donc l'énergie utilisée par la cellule dans son fonctionnement provient de la combustion d'une partie de son protoplasma.

Cela étant, la première question qui se pose pour l'alcool est : s'assimile-t-il ? Rentre-t-il dans ces combinaisons extrêmement complexes que forment les albuminoïdes, les graisses et les hydrates de carbone dans le protoplasma vivant ? La chimie physiologique ne l'a jamais trouvé dans ces composés. Vu, au contraire, la lenteur de sa disparition de l'organisme et surtout les troubles qu'il produit dans les

1. Chaleur animale et Bioénergétique, p. 939 ; 1911.
2. *Journal de Physiologie et de Pathologie générale*, vol. IX, p. 978 ; 1907.
3. Thèse de Saint-Petersburg, 1902.
4. *Biochem. Zeitschrift*, t. LXVIII, p. 118 ; 1915.
5. *Arch. f. d. ges. Physiol.*, t. CXIII, p. 341 ; 1906.
6. *Compt. rend. Acad. d. Sciences*, t. LI, p. 400, et t. LIX, p. 257.

1. *Arch. f. exp. Path.*, vol. VI, p. 287 ; 1877.
2. Inaug. Dissertat., 1891.
3. *Arch. f. Hygiene*, t. XXXVI, p. 1 ; 1896.
4. *Fortsch. d. Medizin*, t. XX ; 1902.
5. *Arch. f. ges. Physiol.*, t. XCIV, p. 557 ; 1903.
6. *Loc. cit.*

fonctions de divers organes, on est en droit de conclure que l'alcool ne s'assimile pas.

Il ne peut pas être pris dans le mouvement de la vie cellulaire comme les aliments proprement dits, suivre ce mouvement sans lui causer aucune entrave et lui fournir l'énergie dont il a besoin. Et si toutefois il rentre, en forçant les portes, il trouble sa marche, comme cela se voit plus aisément sur les cellules nerveuses.

Ne pouvant donc pas s'assimiler, comment l'alcool serait-il brûlé dans notre corps et surtout comment l'énergie dont il dispose serait-elle utilisée quand sa combustion se fait en dehors du protoplasma vivant et à l'insu du système nerveux? C'est ce système qui est, en effet, le grand régulateur du dégagement de l'énergie enfermée dans le substratum chimique, suivant les besoins fonctionnels de chaque cellule. Et cependant il réchauffe, dit l'observation populaire! *Voilà encore une illusion dont le mécanisme n'est pas bien difficile à expliquer*. En paralysant les nerfs vaso-moteurs de la peau, l'alcool fait affluer le sang dans ses vaisseaux, ceux de la face en particulier; la température du tégument s'élève par la chaleur que le sang apporte de l'intérieur du corps; des impressions de chaud vont au cerveau, qui élabore ensuite la sensation de chaleur connue par tout le monde. Mais il serait erroné de croire que cette chaleur provient de la combustion de l'alcool. S'il en était ainsi, la température interne du corps devrait rester stationnaire, sinon augmenter. Or c'est tout le contraire qui a lieu; cette température baisse, d'autant plus que la quantité d'alcool consommée a été plus grande (Binz[1], Richardson, Atwater[2], etc.). Donc le réchauffement par l'alcool est une pure illusion; tout se réduit à un simple déplacement de la chaleur interne vers la peau, où sa perte est beaucoup facilitée par la vaso-dilatation. Ainsi non seulement il n'engendre pas de chaleur, mais il gaspille celle dont l'organisme dispose.

On s'explique alors facilement pourquoi les personnes qui font usage des boissons alcooliques, par les grands froids, résistent moins au refroidissement. C'est que d'une part elles ne disposent plus de ce merveilleux moyen de défense contre la déperdition de chaleur, qu'est la vaso-constriction cutanée, et d'autre part la production de chaleur est diminuée; car l'alcool ralentit les combustions internes (Hoogenhuyze et Nieuwenhuyze[3]). L'observation suivante, que le Dr Fothergill a communiquée à Atwater[1], est tout à fait démonstrative à cet égard : « Une troupe d'Américains, traversant la Sierra-Nevada, campa en un point au-dessus de la ligne des neiges et dans un endroit exposé. Quelques-uns des voyageurs absorbèrent, avant de se coucher, une forte ration d'alcool; ils se sentirent tout réchauffés et s'endormirent contents. Quelques autres burent un peu d'alcool; ils se couchèrent ayant encore légèrement froid. Les derniers, qui ne prirent pas d'alcool, s'étendirent absolument gelés et se sentant très mal à l'aise. Le lendemain, toutefois, ceux qui n'avaient pas bu du tout d'alcool se réveillèrent tout à fait dispos, ceux qui en avaient pris un peu se levèrent ayant très froid, et ceux qui en avaient bu beaucoup ne se reveillèrent point; ils avaient péri de froid pendant la nuit. »

Nombreux sont les peuples des pays froids qui ont été victimes de cette illusion de réchauffement par l'alcool. Les Suédois se sont aperçus les premiers que c'est un faux combustible et lui ont déclaré une guerre à outrance. Les résultats ont été merveilleux, car la dégénérescence qui les menaçait au commencement du XIXe siècle a été arrêtée net, et aujourd'hui le peuple suédois, grâce aux mesures prises contre l'alcool et grâce aussi à une éducation physique rationnelle, peut être pris comme exemple de vigueur.

V. — L'alcool serait un tonique, suivant certains cliniciens

Qu'il y ait des maladies dans lesquelles l'action de l'alcool soit bienfaisante, cela ne semble faire aucun doute. Mais l'interprétation que l'on donne à ces effets salutaires, en les appelant toniques, ne répond pas à la réalité. Pour qu'une substance quelconque jouisse de pareilles propriétés, il faut qu'elle puisse être prise dans le mouvement de la vie cellulaire et qu'elle le suive et le renforce. Or l'alcool ne produit jamais cela; au contraire, il déprime toujours l'activité des éléments, en commençant par ceux du système nerveux. Alors l'effet bienfaisant de l'alcool, sur certains malades, doit être cherché ailleurs; il réside certainement dans son action narcotique, en facilitant au malade un meilleur repos. On voit maintenant combien est grande l'erreur que l'on fait toutes les fois qu'on s'appuie sur la prescription médicale de l'alcool pour justifier sa consommation par l'homme bien portant.

1. *Loc. cit.*
2. *Loc. cit.*
3. *Loc. cit.*

1. *Bulletin de la Soc. scientif. d'Hygiène alimentaire*, vol. VII, p. 393; 1919.

VI. — CONCLUSIONS

1° L'alcool trompe l'individu avec ses prétendues propriétés dynamogènes; il est au contraire illusiogène, car il ne procure que : *a*) l'illusion d'appétit et de facilité digestive; *b*) l'illusion de puissance nerveuse; *c*) l'illusion de puissance musculaire; *d*) l'illusion de chaleur; *e*) l'illusion de pouvoir tonique sur les malades. Et toutes ces illusions, contrairement à celles d'ordre subjectif, laissent malheureusement des empreintes d'autant plus profondes que la quantité d'alcool consommée a été plus grande ou que son usage a été plus prolongé.

2° De toutes les substances consommées par l'homme, aucune ne se prête plus facilement à l'abus que l'alcool, qui se cache dans toutes sortes de boissons, masqué par les parfums les plus variés. Quant aux conséquences funestes de cet abus, la clinique est très bien documentée.

3° Le travail intellectuel et physique exigé de l'homme étant autrement intense à notre époque, on comprend l'intérêt que l'on a de supprimer toute cause qui le déprécie. L'alcool, même à petite dose, en étant une des plus dangereuses, on doit lutter contre lui avec la plus grande énergie.

I. Athanasiu,
Professeur à la Faculté des Sciences de Bucarest.

LA LUTTE CONTRE LES CRIQUETS RAVAGEURS DES RÉCOLTES

On ne compte pas moins de 140 espèces d'Orthoptères connus sous le nom général de sauterelles (criquets, sauterelles vraies, éphippigères, barbistes). Il est peu de régions du globe où les cultures n'aient à souffrir des déprédations de certaines d'entre elles, principalement l'Asie centrale et l'Asie méridionale, le nord et le sud de l'Afrique, l'Amérique du Sud (surtout le *Schistocerca paranensis* et le *Sch. americana*) et l'Amérique du Nord (*Caloptenus spretus*), où elles font des invasions en masse. A ce titre, les plus à redouter sont : le Criquet marocain, ou Stauronote marocain (*Stauronotus maroccanus*, ou *Dociostaurus maroccanus*), qui, en Algérie, habite en permanence la région des Hauts-Plateaux; le Criquet pèlerin, Criquet migrateur, Criquet voyageur, ou Grande sauterelle d'Afrique (*Pachytylus migratorius*, *Acridium peregrinum*, *Schistocerca peregrina*), qui vit en permanence dans le Soudan, et envahit l'Algérie, quelquefois la Crau et la Camargue; le petit Criquet italien (*Acridium italicum*, *Caloptenus italicus*), qui, moins vorace que le Criquet marocain, est souvent réduit à la famine par ce dernier.

Le *criquet marocain* et le *criquet italien* sont établis à demeure dans certaines contrées, où ils constituent de vraies espèces autochtones : dans le midi de la France, en particulier la Crau et la Camargue, le premier faisait parler de lui déjà en 1555. En 1918, 1919 et cette année même, de sérieux dégâts ont été constatés. Quant au *criquet italien*, on a dû le combattre en 1901-1902 dans le Sud-Ouest et jusque dans le Loiret.

Autrefois, on ne voyait que par intervalles de 10 à 15 ans ces armées innombrables de ravageurs insatiables. Depuis quelques années, leurs incursions sont plus fréquentes. D'après A. H. Swinton, Alfred Giard, la multiplication exagérée des criquets coïncide avec les périodes de minimum de taches solaires.

I. — UTILITÉ DES ORGANISATIONS SCIENTIFIQUES ET AGRICOLES

Devant l'aire d'action considérable du fléau, il est indispensable, pour organiser une lutte vraiment efficace, que l'on établisse, dans les principales régions exposées aux invasions, un système d'informations qui précise et publie journellement les lieux de ponte et les endroits où se trouvent les grands bataillons en marche. Une Conférence internationale avait été envisagée par l'Institut international d'Agriculture de Rome, en vue d'une action commune contre la « peste » des Acridiens. En mai 1913, la Conférence de la « Defensa agricola » de Montévidéo, où étaient représentés presque tous les Etats de l'Amérique du Sud, a élaboré un plan d'ensemble, qui consiste à établir une première ligne de défense sur la frontière du pays à protéger, une deuxième en arrière de la zone centrale, et, enfin, une ligne extrême protégeant les centres importants de cultures, en tuant les insectes qui sont parvenus à tromper la vigilance des premiers défenseurs du territoire.

Dans l'Afrique du Sud existe un « South african central Locust Bureau », institué à Prétoria. En Espagne, l'ordonnance du 16 janvier 1913 a rendu la lutte obligatoire. Des syndicats de défense ont été créés en Italie. En 1919, un projet

de loi a été présenté à la Chambre des Députés par le Gouvernement, en vue de l'institution de syndicats obligatoires en Algérie. Ces syndicats seraient constitués, dans les communes désignées chaque année, par tous les exploitants du sol. Ils auraient à appliquer les procédés de destruction déterminés par les préfets, à l'époque qui serait indiquée. A la suite des invasions de 1918 et 1919 dans la Crau, des agriculteurs lésés, réunis à la mairie d'Arles le 12 juillet 1919, ont formé un « syndicat de défense ». Rappelons que chez nous l'action commune obligatoire est permise par la loi du 24 décembre 1888. Elle a été imposée par arrêté préfectoral, notamment dans les Charentes en 1902 et dans les Bouches-du-Rhône (12 février 1920).

Les syndicats ont pour but de centraliser ce qui est nécessaire pour organiser la lutte ; d'acheter les appareils, les insecticides ; de désigner le personnel pour rechercher les foyers de ponte et d'éclosion et appliquer les traitements. Les ressources sont constituées par une taxe perçue par hectare cultivé, par des subventions de l'Etat, du département, des communes, etc. Comme certains procédés actuels de lutte sont délicats à employer, ou même dangereux, l'Etat doit venir aussi en aide à ces organisations, en leur fournissant le personnel expérimenté. Enfin, il est indispensable que ces groupements réunissent l'unanimité des intéressés, car les portions du territoire qui ne sont pas défendues efficacement restent des foyers de contamination pour les régions voisines.

II. — Les foyers de ponte et leur destruction

On sait que les sauterelles issues des œufs de la mère n'acquièrent leur forme parfaite d'adulte qu'au bout d'un mois et demi à 3 mois, suivant les espèces, après avoir subi plusieurs mues, et passé par deux états intermédiaires : larve (sans ailes) et nymphe (rudiments d'ailes). Or, c'est dans les premiers jours de leur éclosion qu'elles sont le plus vulnérables, alors qu'elles sont réunies en groupes compacts (les *tourtes*, comme on dit dans le Midi), ou qu'en colonnes très serrées elles n'avancent que très lentement. On doit remarquer, aussi, au moins pour le *criquet pèlerin*, que c'est pendant la cinquième mue, alors que l'insecte a sa deuxième forme nymphale, qui dure 12 à 18 jours, que sa voracité est maximum, et qu'il est alors le plus à redouter.

Ainsi donc, c'est dans les premiers jours de leur vie, où les sauterelles restent réunies sur de petits espaces, qu'il est le plus facile et le plus économique de les détruire. Plus tard, quand elles sont arrivées à leur dernière période larvaire, ou à l'état de nymphe, elles s'éparpillent pendant la journée, font un chemin notable, et ne se réunissent que le soir dans d'autres localités. Quand elles sont ailées, elles sont moins sociables et elles peuvent plus facilement éviter les embûches de l'homme. Enfin, leur résistance aux ingrédients chimiques ou au feu s'accroît avec l'âge. Il y a, cependant, deux circonstances où l'on peut mieux les atteindre. D'abord, pendant les premiers moments du jour, où la fraîcheur et la rosée les maintiennent dans un état d'engourdissement complet ; puis à l'époque de l'accouplement, où l'insecte se soustrait difficilement aux attaques dont il est l'objet.

En somme, le premier acte de la lutte consiste à détruire les *œufs* mêmes, ou tout au moins à surveiller attentivement les éclosions, qui ont lieu, chez nous, au printemps, à des époques un peu variables suivant les régions, l'altitude, l'exposition, la nature des terrains, etc. Dans le Midi, c'est généralement de mars à fin mai. Le nombre des jours favorables dont on peut disposer pour une action efficace et économique dépendant de la rapidité avec laquelle on découvre l'ennemi, on comprend l'importance qu'il y a à établir des *cartes de prévision*, sur lesquelles seront indiqués les lieux de ponte, la surface, la densité des foyers. C'est ainsi que M. Künckel d'Herculais a tracé pour l'Algérie de ces cartes-croquis sur lesquelles sont relevés les points de ponte, qui, reportées sur des cartes communales, reportées elles-mêmes sur des cartes départementales, puis, enfin, sur une carte générale de l'Algérie, fournissent de précieuses indications.

Les sauterelles pondent chez nous généralement de juin à septembre, choisissant de préférence les endroits bien découverts, bien exposés au soleil, un peu en pente, les surfaces plutôt incultes, dépourvues d'obstacles nombreux (plantes, cailloux). M. Vayssière a signalé, en Crau, les aires de battage, les chemins de terre entre les cultures, et dans la Crau désertique, les endroits relativement dépourvus de pierres, et où ne croissent que de rares graminées.

On a remarqué, en Russie, que l'extension de la culture du blé contribue à diminuer la propagation du *criquet marocain* (*Stauronotus maroccanus*) et du *criquet italien* (*Caloptenus italicus*), qui préfèrent, pour leurs pontes, les steppes vierges, ou laissées longtemps au repos, et, en général, les terrains compacts. Aussi, leurs dégâts sont-ils beaucoup moindres que ceux du *criquet voyageur* (*Pachytylus migratorius*). Mais les lieux incultes sont, souvent à tort, mal surveillés, parce qu'on n'a pas, là, à protéger des récoltes.

Dans la *recherche des pontes*, on peut se guider sur les sauterelles elles-mêmes, quand on les voit, par exemple aux heures chaudes de la journée, chevaucher les unes sur les autres pour s'accoupler. On remarque aussi, sur le sol, la trace de trous superficiels, que les pluies finissent par effacer. Certains indices peuvent servir aussi, comme la terre émiettée, fraîchement remuée, avec des cadavres de criquets, ce qui est dû aux fouilles pratiquées par les oiseaux qui cherchent les œufs ou les insectes. La présence de certaines mouches, qui déposent leurs œufs dans les oothèques, est également à retenir.

On gratte avec un piochon ou un couteau, à 3 à 4 cm. dans le sol, et si l'on trouve une coque ovigère, il est à peu près sûr qu'il y en a d'autres. Ces oothèques sont des sortes de capsules qui contiennent un nombre variable d'œufs, de 30 à 80 et plus, jusqu'à 100 à 150, suivant les espèces. La coque ovigère du *Stauronotus maroccanus*, qui vit en Crau, a la forme d'un petit tube légèrement recourbé vers le milieu, mesurant 2 cm. de longueur et 4 mm. de diamètre ; il renferme 25 à 30 œufs. Vayssière en a trouvé là 1 à 5 par centimètre carré. En Algérie, dans l'espace de 7 mois, les femelles peuvent déposer 8, 9 et jusqu'à 11 pontes. Dans ce pays, Ch. Brongniart a compté jusqu'à 3.000 œufs par décimètre carré. Le Dr Johannès Schrœder a trouvé, en Uruguay, dans une motte de terre de 13 cm. × 13 cm., soit 169 cm. carrés, 74 trous avec 60 à 110 œufs dans chacun d'eux, soit au total 6.000. Au Turkestan, on a constaté, avec le *criquet marocain*, jusqu'à 12.000 oothèques par mètre carré (Barsacq).

Nous signalerons que, d'après M. Girard, les femelles des *criquets* (Acridiens) n'ayant pas, comme les sauterelles vraies (Locustiens), de tarière, déposent leurs œufs sur le sol, ou contre les pierres, agglutinés par une matière visqueuse en petits paquets, ou glèbes.

La destruction des œufs est un procédé long et coûteux, là où l'on ne dispose pas de main-d'œuvre abondante et à bon marché. Pour être réellement pratique, il doit y avoir, dit-on, plus de 100 oothèques par mètre carré. D'ailleurs, elle ne peut pas se faire dans les régions couvertes d'une végétation vivace, pâturages, bois, etc. Malgré les soins apportés dans ce travail, il reste encore beaucoup d'œufs capables d'éclore. Souvent, ainsi que le font les indigènes en Algérie, on se contente de retourner la terre et de laisser les pontes exposées à l'air. Dans ces conditions, il ne faut pas négliger ces lieux au moment des éclosions.

En tout cas, avant d'entreprendre la lutte à l'approche de la naissance des larves, qui a lieu, comme nous l'avons dit, dès mars dans le midi de la France, il est utile de vérifier l'état des pontes et de noter attentivement celles qui ne présentent plus de danger réel, anéanties qu'elles ont été par des parasites végétaux, des oiseaux, etc. Il est inutile, alors, d'envoyer des hommes en nombre attendre l'éclosion, qui ne se produira pas, alors que ces hommes peuvent être d'un grand secours sur des points véritablement en danger.

On peut agir sur les pontes de diverses façons, suivant les terrains et la main-d'œuvre dont on dispose, mais, avant tout, il faut bien limiter à la pioche les emplacements contenant les œufs. La submersion du sol ne peut être appliquée qu'exceptionnellement. Quand il est possible, on laboure la terre à plusieurs reprises à 6 à 7 cm. au printemps, avant l'éclosion, avec la sape, la charrue, la herse, pour exposer les oothèques au soleil. Les labours avant l'hiver ont l'avantage de mettre à contribution le froid. Un grand nombre d'œufs sont ainsi tués. On peut aussi faire, avec la terre remuée, des tas dont on bat fortement chaque couche avec une lourde masse. Quand les œufs sont abondants et facilement accessibles, les liquides insecticides peuvent être employés. Agostino Lunardoni a signalé le procédé suivant qui a été employé en Italie : Après avoir délimité les surfaces à la pioche, bêcher à 4 à 5 cm. et amonceler la terre ; la passer au crible métallique à mailles de 8 à 10 mm. La terre et les herbes qui restent sur le tamis sont mises en tas, des ouvriers enlèvent les oothèques, et à l'aide de sacs les transportent dans des fumières spéciales. Comme une certaine quantité d'oothèques — jusqu'à 6 % — restent entre les racines des herbes, on met ces dernières en tas, les laisse sécher et les brûle. Ce travail, facile au premier abord, est souvent long, malaisé et dispendieux. Le ramassage (fin octobre à fin mars) de 997 quintaux d'œufs, représentant 6.500 millions d'individus, a coûté 31.000 fr. Quand on arrive à plus de 0 fr. 60 le kilog, on estime qu'il vaut mieux ne pas chercher les pontes.

III. — La lutte contre les insectes par des moyens mécaniques ou physiques

Les procédés de lutte contre les insectes eux-mêmes sont variables suivant l'âge de ces derniers, leur état de développement, leur abondance, la topographie des lieux, la présence ou l'absence de cultures, le prix de la main-d'œuvre, ce dernier point primant souvent tous les autres dans les régions où les ouvriers sont nécessaires, à ce moment, pour d'importants travaux

agricoles. Capture, pièges, écrasement, ramassage avec des engins divers, emploi du feu, d'insecticides à action interne ou externe, de gaz toxiques, infection avec des parasites végétaux, sont mis à contribution. Cette multiplicité des moyens de lutte montre assez qu'il est difficile de trouver un remède radical, surtout quand on agit sur les adultes; il en reste souvent trop de vivants, qui vont pondre ensuite. Comme nous l'avons dit, c'est aux tout jeunes qu'il faut s'en prendre. « Une ponte qui couvre un hectare doit probablement, dit J. Saurin, donner naissance à une colonie de criquets occupant 30 à 60 hectares; 3 ou 4 hommes auraient suffi au début pour détruire en 8 jours les criquets éclos sur cet hectare. Il en faudra sûrement plusieurs milliers pour anéantir les mêmes criquets âgés de 25 à 30 jours. »

La grande guerre a fait naître tant d'inventions et d'engins nouveaux, qu'il est naturel d'avoir pensé à en utiliser contre les ennemis des récoltes. En 1918, puis en 1919, les services compétents du Ministère de l'Agriculture (Commission technique pour l'emploi agricole des produits de guerre, à la Direction des services sanitaires et scientifiques) ont fait procéder à des expériences en Algérie, et surtout dans la Crau, où il a fallu défendre les récoltes contre les Acridiens.

1. *Appareils cypriotes*. — Pendant longtemps on n'a connu que ces appareils, qui sont adaptés surtout aux grandes invasions, aux colonnes immenses, dans les pays vastes, peu peuplés, peu cultivés, comme l'Algérie, la République Argentine, le Turkestan, etc. En Uruguay, les barrages métalliques et les fosses ont été reconnus les plus efficaces et les plus économiques, dans la campagne 1915-1916. Mais ces systèmes ne conviennent guère aux pays à propriétés morcelées, et exposées seulement aux petites colonnes d'invasion.

On sait que les *appareils cypriotes*, modifiés ensuite par Durand, ont été imaginés par l'Italien Riccardo Mattei, établi à Chypre, où le *Stauronotus maroccanus* a un foyer permanent dans les montagnes de l'île. On leur reproche leur prix de revient. Ils sont constitués, en principe, par de longues bandes de toile verticales, de 60 à 90 cm. de hauteur, avec au bord supérieur une toile cirée de 10 cm.; le bord inférieur, traînant un peu sur le sol, est couvert de terre. On en forme des barrages disposés en V ouvert vers l'armée des envahisseurs, que l'on chasse vers la pointe, où est une fosse, avec une aussi de chaque côté, ces cavités ayant leur bord garni de bandes de zinc. On piétine ensuite la masse des insectes, quand ces trous sont pleins; on peut ajouter du sulfate de fer, de la chaux vive, et l'on couvre de terre; la matière peut ensuite servir d'engrais.

Il faut tenir compte que, sur les terrains dépourvus d'obstacles, les criquets descendent les pentes au lieu de les remonter, et tendent à se grouper, à s'agglomérer. En Algérie 6.000 appareils perfectionnés, de 50 m. chacun, ont été livrés en 1889. Aujourd'hui on en compterait 12.000 à 15.000. En Argentine, on a avantageusement remplacé la toile par le zinc, plus durable. Il y aurait, dans ce pays, plus de 30.000 km. de ces barrières.

2. *Fosses*. — Les fosses de capture coûtent cher; aussi les creuse-t-on sur le passage des grandes colonnes. Elles ont 60 cm. à 1 m. de profondeur, sur autant de largeur. On établit aussi des fosses circulaires tout autour des foyers de ponte très denses, avant l'apparition des larves. Ou encore, quand les jeunes, suffisamment âgés, commencent à se disperser en colonnes assez étendues, on les réunit sur une surface moindre et les dirige dans des tranchées, que l'on peut établir à raison de 2 par hectare. Les bords de ces tranchées sont également garnis de feuilles de zinc.

Les criquets suivant facilement les sentiers, on peut creuser des fosses circulaires, de 40 cm. de profondeur et 60 à 80 de diamètre, sur le trajet de ces derniers, et même faire rayonner de ces chemins autour des pièges. Dans les sols sablonneux, les fosses sont distantes de 20 à 25 m.; on en fait 2 ou 3 rangées au point d'arrivée des insectes.

M. Ortel a proposé, pour défendre les vignobles, vergers, jardins, de bien nettoyer, d'abord, le terrain, en faisant disparaître les mottes; de tracer des rigoles que recoupent des sentiers en diagonale, avec des fosses-pièges aux points d'intersection. 10 à 15 pièges suffisent par hectare. Il faut se garder de pourchasser les sauterelles, ou de tenter de les canaliser dans une direction déterminée, car elles se réfugieraient sur les vignes; on doit surveiller seulement les sentiers et les fosses. Quand on a écrasé les insectes et vidé ces dernières, on lave les plaques métalliques à l'eau de cristaux.

3. *Appareils traînants et collecteurs*. — Les *hoppe-dogers*, utilisés avec succès en Amérique, Australie, Russie, Turkestan, sont de grands plateaux en bois, en tôle ou en toile, traînés par un cheval, enduits de pétrole, ou d'huile de schiste, sur lesquels viennent tomber les insectes

épouvantés par la marche de l'appareil. Ces dispositifs ne peuvent être utilisés que pour les petites colonnes, et dans les endroits plats, presque dépourvus de végétation.

Le *dispositif Flory* est un vaste entonnoir mobile, en tôle et toile, traîné, également, par une bête de somme. L'*appareil Corsi* est constitué par un cadre rectangulaire traîné sur le sol à l'aide de cordes, et portant latéralement deux cerceaux sur lesquels s'adapte un grand sac.

La capture des larves avec des *toiles* est aussi peu expéditive. Les toiles, appelées *bourras* en Provence, et *melhafas* en Algérie, sont traînées sur le sol par 3 ou 4 personnes, qui les tiennent verticalement, le 1/3 à la moitié inférieure, soit 1 m. à 1 m. 50, reposant à terre. D'autres personnes munies de branchages, et rangées en demi-cercle de 15 à 20 m. de rayon, chassent *lentement* les criquets sur les toiles, qui, une fois chargées et relevées, sont vidées dans un sac. Ces draps doivent toujours être dressés face au soleil, de façon à être bien éclairés. On les conseille contre les petites bandes, dans les cultures morcelées. D'ailleurs, ils ne sont guère pratiques quand les criquets sont trop jeunes, ou bien aptes au vol; on ne peut pas s'en servir, non plus, par temps de vent. Mais, quand la chose est possible, on recommande d'employer des toiles blanches, ou à peu près, solides, longues de 6 m., larges de 5. Au milieu est une fente à laquelle on coud un sac, avec l'ouverture en dessous. Cette ouverture est fermée avec une ficelle attachée au sac même, et on ne l'ouvre que lorsqu'on vide les sauterelles dans un autre sac. On étend la toile là où l'on doit rabattre les insectes; on place des pierres sur les bords, et les rabatteurs amènent les acridiens sur la toile; on relève alors le bord opposé et, quand la plus grande partie de la masse est engagée sur le piège, on relève complètement ce dernier en entonnoir, et fait tomber les ennemis dans le sac. On a pu, ainsi ramasser, dans une journée, avec une seule toile, jusqu'à 8 quintaux de criquets, soit 800.000 à 900.000 individus, en bonne partie ailés.

Avec le *collecteur* du prof. *Agostino Lunardoni*, les sauterelles, chassées par les rabatteurs, grimpent sur le plan incliné formé par la toile tendue, et tombent dans des trémies en zinc. On vide celles-ci en appliquant un sac au-dessous, et en ouvrant la trappe. En Italie, la destruction avec les toiles a coûté 20 à 40 francs par million de sauterelles capturées.

Le *filet-fauchoir*, ou filet-nasse, à double fond, de *Finot*, est un sac formant double enveloppe, avec monture spéciale et manche, que l'on promène sur les endroits envahis.

4. *Ecrasement.* — Le piétinement des « tourtes » quelques jours après l'éclosion, l'écrasement avec des branchages chargés de pierres et traînés par une bête de somme (*appareil du général Pottier*), l'emploi de l'*appareil Wedel*, qui ressemble à un racloir à boue, le passage d'un *rouleau*, ou d'un traîneau chargé de poids, sont des moyens peu expéditifs. En Uruguay, à l'époque de l'accouplement, on emploie des *latigos*, formés d'un filet métallique fixé à un manche en bois, avec lesquels on frappe les insectes comme avec un balai. Dans la campagne 1915-1916, on en a utilisé 18.000, mais ce procédé ne s'est pas généralisé.

IV. — LA LUTTE CONTRE LES LARVES AVEC DES INSECTICIDES OU DES GAZ TOXIQUES

Les insecticides ne peuvent être employés avec quelque chance de succès que sur les acridiens naissants, toujours réunis par petites familles pendant les premiers jours de leur existence, et non encore protégés par des ailes. On opère de bon matin, quand les insectes sont encore engourdis par la fraîcheur de la nuit. Pour ce moyen de lutte, les produits ne manquent pas, et on n'est guère limité que par le prix de revient, qu'il est d'ailleurs bien difficile d'établir actuellement. Il ne faut pas oublier que les œufs de sauterelles, déposés dans un terrain donné, n'éclosent pas tous ensemble, mais en plusieurs jours, quelquefois très éloignés entre eux, si le temps leur est contraire. Il faut donc revenir traiter éventuellement à nouveau les parties déjà visitées. Dans la soirée, les insectes ont coutume de se réunir sur des espaces relativement restreints et de grimper sur les herbes, les haies, les murs. On s'éclaire, alors, pour les traitements, avec des lampes à acétylène à réflecteur.

1. *Insecticides à action externe.* — Le Dr Johannes Schrœder a obtenu en Uruguay une mortalité de 82 % en pulvérisant sur les jeunes la solution : *créoline*, 2 k. ; *savon doux*, 2 k. ; eau, 100 l. Mais ce produit nuit aux plantes, luzerne, fourrages verts, etc., surtout si on l'emploie le matin. Rossikof et Schreiner ont vanté, comme radicale, la solution de *savon noir* à 3,3 %. Mais des expériences effectuées en grand au Turkestan n'ont pas confirmé cette opinion. Avec les pulvérisations d'*huile lourde de goudron*, on peut détruire jusqu'à 50 % des insectes ; mais elle est coûteuse ; elle détériore rapidement les pulvérisateurs, et l'on rend pour un temps inutilisables les pâturages ; elle détruit le foin. G. Bazile l'a employée avec succès dans le département d'Alger, en 1919, sur des arbrisseaux chargés de criquets, en la pulvérisant avec des *lance-*

flammes, mais non en combustion. Les insectes semblent aussitôt frappés de paralysie et tombent sur le sol, ou meurent. En Uruguay, en 1915-1916, les meilleurs insecticides contre les larves ont été le *pétrole émulsionné* dans l'eau, ou le *savon de potasse* dans l'eau à la dose de 80 %. Voici la formule Langlois, recommandée par Künckel d'Herculais, employée avec succès dans les Charentes en 1902 : sur un kg. de *savon noir* en pâte, verser doucement, et par petites quantités, 3 litres d'eau bouillante, en agitant sans cesse avec un bâton ; puis, après mélange, ajouter peu à peu 5 k. d'*huile lourde*, en continuant d'agiter. Cette émulsion peut se conserver quelque temps ; au moment de l'employer, l'étendre de 90 parties d'eau. En Italie, du 16 avril au 11 juillet 1914, dans les communes de Branto et de Maletto, sur 480 hectares littéralement couverts de sauterelles, on a détruit, avec l'émulsion d'*huile lourde de goudron et savon*, 400.000 kg. d'insectes jeunes et adultes, tandis qu'avec les toiles, on en a capturé environ 90.000 kg. à l'état de nymphes et d'insectes ailés. On estime avoir ainsi détruit 12 milliards de sauterelles (Agostino Lunardoni).

Le même auteur a indiqué le procédé suivant : On chauffe dans un chaudron 66 litres d'eau, et quand elle est un peu chaude, on y met 6 k. de savon jaune de potasse. On agite, et lorsque le liquide commence à bouillir, on y verse peu à peu, en agitant toujours, 30 litres d'huile de goudron, puis on laisse encore bouillir 10 minutes. Quand on ajoute 1 à 2 kg. de sel marin par hectolitre, l'émulsion est plus efficace. Pour l'application, on met, par 18 litres, 90 litres d'eau, quand les insectes sont à la première période larvaire ; 72 litres, quand ils sont un peu plus grands ; 54 litres, quand ils sont à l'état de nymphe ; 36 litres, quand leurs ailes commencent à pousser ; 27 litres, et, même, 18 litres, plus tard et quand on travaille la nuit. Ce serait l'insecticide le moins cher. Avec un hectolitre on arrose 200 à 300 m² et cela coûte pour le premier âge des sauterelles : 6 kg. d'huile de goudron à 0 fr. 25, 1 fr. 50 ; 1 kg. de savon mou, 0 fr. 40 ; 1 kg. de sel, 0 fr. 05 ; cuisson, 0 fr. 20 ; eau et transports, 0 fr. 45 ; total, 2 fr. 60. Pour les autres traitements, suivant l'âge des insectes : 3 fr. 20, 3 fr. 80, 4 fr. 30, 5 fr. 20, par hectolitre.

Les valves en caoutchouc des pulvérisateurs doivent être remplacées par des valves en cuir paraffiné, et les tuyaux en caoutchouc par des tuyaux en cuir également.

Les pulvérisateurs à bât ont paru plus pratiques que les pulvérisateurs à traction, au Caucase.

En 1919, G. Paoli a employé avec succès, à Foggia (Italie), la solution d'*arséniate de soude* à 0,75 à 2 %, suivant l'âge des insectes encore dépourvus d'ailes, répandue avec le pulvérisateur à dos d'homme utilisé pour la vigne. Après une heure, la plus grande partie des sauterelles atteintes par le jet sont mortes.

Ducloux dit avoir obtenu d'excellents résultats avec un mélange d'*huile de cade* et de *lysol* : huile de cade 1 litre, eau 80 litres, lysol 5 litres, eau 100 litres ; on mélange intimement les deux solutions, et maintient l'émulsion avec de la potasse. Le prix de revient du litre était 0 fr. 06. Les criquets en contact avec ce liquide mouraient en moins d'une minute.

Signalons encore, parmi les nombreux produits employés : solution de *monosulfure de sodium* à 15 à 45 %, suivant l'âge des insectes, répandue avec un arrosoir à pomme à trous fins (le produit attaque le cuivre, le laiton, le bronze, le zinc, le fer) ; solution d'*acide sulfurique*, de *sulfocarbonate de potassium*, d'*acide phénique*, de *sulfure de carbone*, etc.

2. *Insecticides à action interne.* — On a conseillé surtout l'*arsenic* et ses composés. On répand la solution sur les herbes envahies par les sauterelles, ou bien on en imprègne des appâts, que l'on jette sur les bandes de criquets. Mais il faut, ici, de la prudence à l'égard de la vie humaine, des pertes d'animaux au pâturage, du gibier, des oiseaux, surtout avec les produits solubles.

En Russie on a trouvé que les *arsénites* sont les moins coûteux, *vert de Paris*, ou *vert de Schweinfurt* (acéto-arsénite de cuivre (additionné de chaux. Au Turkestan, d'excellents résultats ont été obtenus avec, jusqu'à la 3e mue des larves, 0 k. 4 de *vert de Paris* et 0 k. 8 de chaux, pour 1 hectolitre d'eau : dans la suite, on emploie 0 k. 53 de vert, 1 k. 06 de chaux et 100 litres d'eau. Enfin, quand les larves menacent d'envahir les champs cultivés, 0 k. 8, 1 k. 06 et 100 litres. Pour un hectare, il faut 270 litres de liquide. On peut traiter par jour plus de 11 hectares, avec une dépense de 80 fr. 20, tous frais compris, soit 7 fr. 70 par hectare (en 1911). Mais on a trouvé que l'insecticide est assez facilement lavé par la pluie ou la rosée, et il faut renouveler le traitement. En outre, le vert n'agit sur les larves que vers le 3e jour ; avant cette date, il est difficile de contrôler l'effet du produit. Pour atténuer le lavage par les pluies, on remplace la chaux par une dose de mélasse double de celle du vert de Paris.

Au Turkestan, on a essayé l'*arsénite d'ammonium*, obtenu par la réaction de l'ammoniaque sur le vert de Paris : vert, 1.200 grammes ; ammoniaque liquide, à 22°, 1.800 grammes ; mélasse

brune, 10 kg. ; eau 300 litres. Cette solution présente quelques inconvénients graves, que son action rapide et son adhérence ne sauraient compenser.

L'*arséniate de soude* est employé depuis longtemps dans l'Afrique du Sud et dans les Colonies allemandes. Entièrement soluble dans l'eau froide, il est plus efficace. C'est un procédé qui demande peu de main-d'œuvre, et l'on ne détériore pas les pulvérisateurs; mais si l'insecticide ne détruit pas le foin, il rend les pâturages inutilisables jusqu'à la première pluie. Malgré tout, c'est une méthode très recommandable, essayée avec un plein succès au Turkestan en 1911. Aux premier et deuxième stades du développement des larves, la dose est de 0,25 % de l'eau; au 3e, 0,37 à 0,40; au 4e, 0,5. On ajoute, ensuite, une quantité double de mélasse, pour l'adhérence. Le prix de revient est plus faible que pour le vert de Paris. Dans l'Uruguay, le Pr Johannes Schrœder a employé avec succès 20 l. par 10 mètres carrés d'une solution faite avec 500 gr. d'arséniate de soude, 1 k. 5 de sucre et 67 l. d'eau ; ou 500 gr. arséniate, 500 gr. sucre et 50 l. eau. Le champ était ensuite nettoyé pour pouvoir être utilisé à nouveau comme pâturage.

A l'île de la Trinité, on asperge les plantes vers lesquelles les criquets se dirigent avec une bouillie contenant, pour 50 gallons d'eau, 4 livres de pâte d'*arséniate de plomb*, et 4 livres de chaux vive; ou bien une livre de carbonate de soude et 4 livres d'*arsenic blanc* dissous dans 1 gallon d'eau bouillante, puis jetés dans 50 gallons d'eau, contenant 3 livres de chaux vive et 1 gallon de mélasse.

Au Turkestan, on a essayé le *chlorure de baryum* en solution à 4 %, qui a donné d'excellents résultats. La composition se prépare facilement, et elle est moins dangereuse pour l'homme que l'arsenic. Malheureusement ce produit est beaucoup trop cher et trop facilement lavé par les pluies, et il ne laisse pas de traces visibles sur les plantes.

W. M. Hepley, à Vermaaksfontein, dans l'Afrique du Sud, trempe des bottes de *fourrage vert*, durant 20 minutes, dans une solution d'une livre d'*arséniate de soude* et de sucre jaune dissous dans de l'eau bouillante, puis additionnés de 45 l. d'eau. Ce fourrage est ensuite répandu en andains.

D'après E. Pantanelli, l'épandage sur la prairie de *son empoisonné* avec de l'*arséniate de soude* est la meilleure méthode de lutte directe et la moins coûteuse. Elle exige peu d'ouvriers et pas de pulvérisateurs. Elle ne cause pas de mal, ni aux pâturages, ni au foin, et elle peut être appliquée à n'importe quelle époque. En Russie elle a donné aussi des résultats plus que satisfaisants. G. Paoli l'a employée avec succès, en 1919, dans la province de Foggia en Italie. Le son était mouillé de façon à lui faire absorber à peu près son poids de solution d'*arséniate de soude* à 4 à 6 °/₀. On répartissait ensuite le produit à la volée, à la main, sur les colonnes d'orthoptères. Pour éviter l'inconvénient du mélange à la main, l'auteur employa un appareil de son invention, dans lequel on fait tomber de haut le son et la solution vénéneuse finement divisée.

Le son, empoisonné avec une solution aqueuse d'*arséniate de potassium* et un peu de mélasse, a donné des résultats magnifiques dans le Caucase, contre le *Pachytylus migratorius*. Vayssière a obtenu en Crau de bons résultats en 1919 avec du son imbibé d'une solution d'*arséniate de soude* (12 kg. de son et 0 kg. 500 d'arséniate); le produit était semé à la volée, de bon matin, quand les criquets étaient encore engourdis par la fraîcheur de la nuit, mais sur des prairies irriguées, où les animaux ne vont pas pâturer du printemps à l'automne. Après 48 heures, 80 °/₀ des jeunes larves avaient péri.

A l'Ile de la Trinité, on brasse à sec 2 livres 1/2 d'*arsenic blanc* avec 50 livres de son, puis on jette 6 oranges amères, ou des citrons coupés en morceaux avec leur écorce, dans 4 litres de mélasse de sucre et 5 gallons d'eau; on mélange alors le son empoisonné et la préparation d'orange, et l'on ajoute de l'eau si c'est nécessaire. A la place de l'arsenic blanc, on emploie aussi l'arséniate de soude ou l'*arséniate de plomb*.

Le *phosphure de zinc* en poudre très fine se répand seul ou en mélange avec la farine de blé sur les herbes courtes et humides de rosée, dont les très jeunes sauterelles se nourrissent. On s'aide du soufflet qui sert à soufrer les vignes. Ce procédé a donné de bon résultats à G. Paoli, en 1919, en Italie, dans la province de Foggia. En comparaison avec les pulvérisations, l'expérimentateur signale les avantages suivants : rapidité de l'application, donc économie ; suppression du service de l'eau, le plus coûteux ; diminution de la main-d'œuvre ; possibilité et, même, opportunité d'opérer quand les herbes sont humides de rosée ou de pluie ; le phosphure ne dessèche pas les herbes, qui restent ainsi toujours comestibles pour les sauterelles.

3. *Emploi des gaz toxiques*.— La *chloropicrine*, liquide assez réfringeant, très mobile, produit par l'action du chlorure de chaux sur l'acide picrique, a été employé par Vayssière en Crau en 1919. La pulvérisation sur les jeunes d'une émulsion

aqueuse à 25 %, ou mieux à 50 %, a donné d'excellents résultats. On se sert du pulvérisateur ordinaire en tôle étamée. Ces degrés de concentration semblent ne brûler que passagèrement la végétation, qui reprend au bout de peu de semaines.

Le mélange d'*oxychlorure de carbone* et de *chlorure d'étain*, qui pendant la guerre avait été considéré comme toxique pour les mammifères, n'a pas donné à l'auteur de résultat positif, sur des bandes très nombreuses de criquets marocains, maintenus à une distance du point d'émission de 10 cm. à 4 m. Mais ce produit fut très nocif pour la végétation voisine. Toutefois G. Bazile, expérimentant cette même année en Algérie, dans le fond d'un ravin où les criquets étaient rassemblés en grand nombre, a remarqué que ceux qui étaient juchés sur les arbrisseaux n'ont pas souffert, mais que les jeunes insectes sur le sol ont été rapidement tués. D'après l'expérimentateur, ce procédé met en œuvre un matériel important et peu maniable. Il fait courir des risques aux opérateurs, aux hommes et aux animaux du voisinage, ainsi qu'à la végétation. On ne peut l'utiliser que dans les zones désertiques du Sud. On peut dire qu'en général les gaz asphyxiants sont d'une efficacité douteuse, étant donné l'espace et l'atmosphère dans lesquels il faut opérer.

IV. — Destruction par le feu

On peut chasser les larves et les réunir en masse sur de la paille, ou tout autre combustible, imprégné, au besoin, de pétrole, auquel on met ensuite le feu. On emploie aussi les *lance-flammes*, portés à dos d'homme, ou sur des véhicules spéciaux. On opère sur les colonnes de larves qui se présentent sur un front dense et continu; ou bien, grâce à des barrages simples, disposés obliquement, on provoque leur accumulation progressive. En Italie, la destruction de 1 million de sauterelles au moyen du pétrole enflammé à coûté de 15 à 30 francs. Il faut disposer d'équipes de femmes et d'enfants de 10 à 16 individus, munis de branchages, qui chassent les sauterelles contre un mur, une haie, un fossé, ou les entourent complètement. Quand la concentration est obtenue, on manœuvre la pompe de pulvérisation contenant du pétrole additionné de 10 % de benzine. Le pulvérisateur a un tuyau en cuir, ou en ciré, avec une spirale d'acier à l'intérieur. Au moment de mettre le feu, on fait retirer rapidement les rabatteurs.

La pompe automatique à air comprimé doit avoir un jet puissant et uniforme, jusqu'à l'épuisement du liquide. En Italie, on a utilisé la pompe Marano, d'Acireale, et celle de Taglia fils, de Signa (Florence). On allume d'abord un peu d'herbe sèche imbibée de liquide, puis l'allumeur s'éloignant rapidement, l'ouvrier chargé du pulvérisateur ouvre la soupape à volant de l'appareil et approche le jet de la flamme. Il porte alors le jet enflammé sur les sauterelles rassemblées, en suivant d'abord le pourtour et en tenant le jet à 30 cm. au-dessus du sol. Ce procédé demande beaucoup d'attention, des ouvriers intelligents, attentifs, ayant toujours les yeux sur le jet enflammé, sans se retourner, pourvus de molletières en cuir et de brassières en toile imbibées d'eau salée. On doit avoir le vent arrière. La méthode est coûteuse. En Italie, le liquide rendu à pied d'œuvre valait 50 fr. l'hectolitre. Avec un hectolitre on peut traiter 250 à 350 m² (Dr Agostino Lunardoni, *Bulletin* de l'Institut d'Agriculture de Rome, année 1915, p. 550).

Au Turkestan, les *lance-flammes* sont employés sur une grande échelle. Ces appareils à dos d'homme, utilisant le pétrole lampant, sont des types Siedoff, Bildin, etc. et, surtout, Schkilin. En raison du prix de revient, cette méthode de lutte ne se justifie que dans les terrains accidentés, et dépourvus d'herbes.

En Amérique du Sud, aussi, on établit des barrages de grillages métalliques, vers lesquels on chasse les sauterelles avec des balais en palmier; puis, avec des systèmes à air comprimé, on lance dessus de l'huile de naphte enflammée. En Uruguay on a constaté que les *lance-flammes* (máquinas a fuegos) à pression sont les instruments les plus efficaces, quand les insectes sont à l'état de larves (mosquita). On en a employé 7.835 dans la campagne 1915-1916.

G. Bazile a utilisé, en 1919, dans le département d'Alger, le *lance-flammes* modèle P3 de l'armée. Un genou en terre, l'opérateur balaie le sol non cultivé avec le jet enflammé. Les criquets en marche sont détruits soit par la flamme même, soit par le rayonnement immédiat de la chaleur, soit par les produits de la combustion de l'huile lourde de houille. L'action est plus efficace contre les jeunes en voie de transformation, qui réagissent moins; en outre, l'opérateur travaille debout, et se déplace plus rapidement. Les arbustes infestés de criquets reçoivent 2 ou 3 jets enflammés. Leur combustion, ainsi provoquée, augmente et prolonge l'action du traitement. Pratiquement, aucun insecte n'échappe à la mort. Il faut opérer de très bonne heure le matin, pour surprendre les criquets engourdis par la fraîcheur de la nuit. Sept hectolitres d'huile sont nécessaires par hectare, et cela revient à 300 à 400 fr. Ce procédé semble dispendieux, dit l'auteur,

mais sa grande rapidité d'action le rend très nettement supérieur à tous ceux utilisés jusqu'à ce jour, et son emploi paraît tout indiqué, soit sur les foyers de ponte au moment des éclosions, soit sur les colonnes au début de leur formation, soit encore dans les buissons, où les criquets se rassemblent pour se transformer.

P. Vayssière a fait également des essais en Crau, en 1919, avec les *lance-flammes* à huile lourde, modèles P3 et P4 de l'armée, qui ont donné de bons résultats contre les bandes de *Dociostaurus maroccanus* au repos ou en marche sur le sol. Un appareil bien manié, contenant une douzaine de litres, peut balayer une surface de plus de 200 m². La façon la plus pratique d'opérer consiste dans l'emploi de deux ou trois appareils qui, agissant simultanément, couvrent en peu de temps une zone de 100 m². Mais on ne peut traiter ainsi que les lieux stériles.

Rappelons que, d'après deux professeurs de la Faculté agronomique de Buenos-Ayres, les criquets n'aimant guère le *maïs* amer, on devrait semer une largeur de plusieurs mètres, autour du champ à protéger, de maïs commun. Cependant les insectes ne respectent le maïs amer que s'ils trouvent à proximité des plantes qui leur plaisent.

V. — LES ENNEMIS NATURELS DES SAUTERELLES

1. *Bacilles et champignons.* — On doit, fort probablement, à divers *parasites*, la disparition presque complète des sauterelles dans certaines années. Mais les conditions de développement de ces auxiliaires sont mal connues, et leur multiplication à un degré appréciable ne se produit qu'après les invasions réitérées par les criquets d'un espace donné.

L'*Entomophthora*, ou *Empusa*, *grylli* se développe principalement dans les régions humides. On l'a constaté surtout chez le *Caloptène italique*, en 1888 et 1894, dans la campagne romaine, et en France, dans le S-O., en 1902.

On cite aussi le *Metarrhizium anisopliæ*, ou champignon vert. Mais M. Künckel d'Herculais a appelé l'attention, lors d'invasions de criquets en Algérie, sur les mues répétées des jeunes (mues tégumentaire, trachéale et intestinale), comme moyen de défense contre les spores de ces champignons.

Ceux de ces parasites qui s'en prennent aux œufs, dans les oothèques, sont favorisés surtout par les attaques des oiseaux et par l'humidité du sol. Metchnikoff et Kraiultschick ont montré que l'arrêt subit des invasions des Acridiens est dû au développement de ces cryptogames parasites des œufs. Künckel d'Herculais a constaté que dans certains gisements 70 % des œufs étaient atteints, et que dans d'autres 100 % étaient détruits par le *Botrytis bassiana*, analogue au *B. tenella* du ver du hanneton et voisin, aussi, de l'*Isaria destructor*.

On signale encore comme parasitant les œufs : *Lachonidium acridiorum*, *Isaria ophioglossoides*.

Dans l'Afrique du Sud, Rickmann et Kœsewurm ont essayé une mucédinée très analogue au *Mucor racemosus*. On plonge quelques sauterelles dans un bouillon de culture de ce parasite, et les lâche; ou bien on pulvérise le liquide sur le sol, ou bien encore on répand sur les lieux de ponte du pain sur lequel on a fait germer le champignon. Un temps humide est très favorable à la propagation de la maladie. On a proposé aussi le *Botrytis acridiorum* (Le Moult, Trabut, Ch. Brongniart, etc.).

On a observé, au Mexique, en 1910, que les sauterelles étaient souvent atteintes d'une diarrhée, d'une septicémie générale, causée par un coccobacille. Mais ce dernier perd rapidement ses propriétés virulentes, et pour l'employer à infester les bandes de criquets, il faut se livrer à un travail bactériologique minutieux. Or d'Hérelle a remarqué, avec des sauterelles de Tunisie et des Balkans, que le *Bacterium* trouvé dans des sauterelles mortes conserve toute son énergie pendant plusieurs mois. Ce savant recommande donc, pour amorcer l'épizootie, non plus la culture du coccobacille, mais les cadavres desséchés morts de la maladie. Il a mis à contribution ce procédé en République Argentine, en répandant avec un pulvérisateur le liquide approprié sur des bandes de sauterelles, qui périrent en 6 jours, et la maladie se propagea dans un très grand rayon. Tous les insectes qui touchaient aux herbes infectées mouraient aussi. On n'a pas constaté que cette méthode de lutte fût nuisible aux animaux.

Le *Coccobacillus* (*Bacterium*) *acridiorum*, d'Hérelle, administré par la méthode des passages, a fourni au Turkestan une mortalité intense. Mais, quand on a essayé l'infection au moyen de l'herbe contaminée, on n'a obtenu que des résultats indécis. Comme nous l'avons dit, la poudre de criquet mort est préférable. On en dilue un peu dans quelques gouttes d'eau stérile, et on inocule celle-ci à des criquets, qui meurent après 4 à 7 heures. Il suffit d'isoler le coccobacille du liquide diarrhéique pour avoir une culture au maximum d'exaltation, qui sert à ensemencer les bouillons que l'on destine aux infections.

Kraus Rudolf a constaté que la pulvérisation de culture virulente de bacille d'Hérelle, en plein champ, ne peut provoquer d'épidémie, non

plus qu'en administrant ce dernier avec des aliments. Il conclut que le coccobacille est un hôte normal de l'intestin des sauterelles saines, et qu'il tue celles-ci seulement quand il est injecté dans la cavité abdominale. En somme, ce moyen de lutte, étudié aussi au Chili, en Algérie, etc., n'a pas toujours donné des résultats concluants. Il en serait de même de la maladie épidémique communiquée par le procédé Deresmes, expérimenté au Mexique, au Yucatan, dans la République Argentine, en Uruguay. On injecte dans le tube digestif de quelques sauterelles un peu de culture du bacille. Une sorte d'épizootie se propage alors par contagion naturelle, les insectes affectés de dysenterie contaminant tout ce qu'ils touchent, et notamment la nourriture de leurs congénères. Les sauterelles atteintes mourraient au bout de 24 à 48 heures.

2. *Insectes.* — Künckel d'Herculais a signalé une larve de diptère bombycide (*Anthrax fenestrata*), qui dévore les œufs des criquets; on en a trouvé jusqu'à 50 °/₀ dans des gisements. Le même auteur a constaté en 1901-1902, dans les invasions du S.-O., les ravages du *Mylabris variabilis*, insecte vésicant voisin des cantharides, qui attaque aussi les coques ovigères. Il montrait déjà, en 1890, que l'extinction naturelle des invasions, dans certaines années, peut tenir à ces parasites.

On a signalé aussi comme s'en prenant encore aux œufs : *Mylabris quadripunctata*, *M. melanura*, *Cytherœ obscura* (mouche); 2 Coléoptères, une espèce de Meloidæ (*Zonobris variabilis* et *Z. à Quatre points*), et une espèce de Cleridæ (*Trichodes ammios*); des Diptères, *Anthomyia* et *Idia* (*fasciata* et *lunata*). Des larves de *Sarcophaga* (*S. Clathrata*, *S. Caridei*) vivent dans le corps même des sauterelles. En Argentine, on se proposait d'élever une de ces mouches, *Sarcophaga Caridei*, terrible parasite, dans cinq stations entomologiques. Elle est inoffensive pour les animaux et les plantes.

Au Turkestan, on signale comme endophages du criquet marocain, le *Callostoma desertorum*, puis son proche parent, le *Mullio obscurus*. A elles seules, les larves de ces insectes peuvent détruire jusqu'à 40 °/₀ des œufs, alors que celles du *Zonobris 4-punctata*, qui pénètrent dans les oothèques et y effectuent toutes leurs transformations, n'en détruisent guère que 2 °/₀. On cite aussi, dans ce pays, comme prédateurs : quelques espèces de *Callistènes*, qui dévorent les larves; des *Prosodes*, *Adesmia*, *Stalagmoptera*; quelques *Elatérides* (Athous) qui se nourrissent d'œufs. Les parasites proprement dits subissent leurs transformations dans les œufs, les larves ou les adultes.

Aux Etats-Unis, un des plus terribles ennemis des sauterelles est la *Mite rouge*, *Trombidium locustrum*.

Enfin, on a encore signalé : *Tachyte obsolete*, *T. tarsin*, *Sphex à bandes blanches*, *Sphex languedocien* (*Sph. occitana*), *Sphex africain*, qui sont des hyménoptères; *Mante religieuse*, *Empuse appauvrie*, *Asilidæ*, *Scoliidæ*, *Reduvida*, *Cecindelida*; des *Fourmis*, des *Nématodes*.

3. *Oiseaux.* — *Corbeaux*, *Corneilles*, *Moineaux*, *Hobereaux* (rapaces diurnes), *Perdrix*, *Cailles*, *Alouettes*, *Etourneaux*, *Hirondelles*, *Mouettes*, sont encore des ennemis des œufs ou des larves. Au Turkestan, le *Martin rose*, ou *M. roselin* (*Pastor roseus*), qui niche dans les montagnes, suit en énormes volées les colonnes de larves. On le rencontre aussi en Algérie et en Provence. Dans l'Inde, on signale le *Martin triste* (*Acridotheres tristis*); à l'Ile de la Trinité, le *Gobemouches*.

4. *Autres ennemis.* — Enfin, mentionnons quelques espèces de *Lézards*, des genres *Eremias* et *Phrynocephalus* (au Turkestan); un petit *ver* aquatique (*Gordius aquaticus*), qui à Porto-Rico dévore, au moment de la troisième métamorphose, les organes abdominaux des criquets, notamment le *Stenopelmatus talpa* du Mexique.

Antonin Rolet,
Ingénieur agronome.
Professeur à l'Ecole d'Agriculture d'Antibes.

LA SIGNIFICATION DES CELLULES MIGRATRICES

Les récents travaux de Zoologie ou de Botanique nous font connaître de nouveaux exemples de cellules migratrices capables d'errer dans le milieu inerte, entre les cellules d'un tissu, ou de pénétrer d'autres cellules.

Les unes, cellules migratrices vraies, déplacent la totalité de leur corps cellulaire d'une région à l'autre de l'organisme auquel elles appartiennent, ou même quittent l'organisme originel pour immigrer dans un hôte nouveau.

D'autres cellules, à partir de leur partie primitive immuable, poussent seulement certaines de leurs parties en prolongements dans les tissus voisins.

I. — CELLULES MIGRATRICES INTER-CELLULAIRES

Le passage de la migration totale à la migration localisée s'observe chez les Mollusques, où certaines cellules ectodermiques migrent totalement vers le mésoderme, en perdant toute connexion avec l'ectoderme qui les a formées, tandis que d'autres poussent leur seule extrémité proximale en prolongement dans le mésoderme, sans que la migration atteigne la partie distale, qui reste en place, dans l'ectoderme[1].

§ 1. — Cellules hyphales

Les prolongements poussés par une cellule dans les tissus voisins peuvent s'allonger en hyphes démesurées, formant chez les Laminaires les « solénocystes » et les « cylindrocystes » de Sauvageau[2], et dans certains Phanérogames des laticifères.

Ces cellules hyphales progressent entre leurs cellules parentes en digérant la lamelle pectique qui cimente les membranes, exactement comme font les parasites endotrophes qui ne provoquent pas de réaction chez l'hôte.

§ 2. — Cellules migratrices vraies

Le mésenchyme fournit des cellules perpétuellement ou temporairement errantes.

Les premières, bien étudiées sous le nom d'amœbocytes[3], peuvent être produites en grand nombre par le mésoderme en général ou par certaines de ses régions différenciées[4]. Leur production, réglée par l'état métabolique[5], est exagérée par certaines infections, accidentelles ou expérimentales (voy. ch. III).

Leur activité migratrice est variable et affaire d'entraînement, de « gymnastique fonctionnelle » ; elle peut être augmentée par la vaccination[6].

Les tissus sont plus ou moins perméables aux amœbocytes[1] : beaucoup les laissent librement circuler, d'autres s'en nourrissent[2] ou les emprisonnent (clasmatocystes)[3].

La perméabilité des tissus aux amœbocytes varie avec l'état physiologique : le ganglion de Wrisberg s'infiltre de lymphocytes chez le syphilitique[4].

Au cours de l'ontogénie, tandis que des organes se forment par groupement de cellules migratrices typiques, il peut s'effectuer un remaniement de la distribution des matériaux cellulaires, qui modifie parfois profondément les rapports organiques primitifs, *inverse les feuillets* ou *rend le corps dissymétrique*.

1. *L'inversion des feuillets.*— Chez diverses larves et plantules, des cellules superficielles peuvent s'enfoncer dans l'intérieur du corps.

Ainsi, les feuillets ectodermiques et endodermiques s'inversent chez les Spongiaires, lorsque toutes les cellules superficielles ciliées s'enfoncent dans l'intérieur de la larve pour former l'endoderme[5].

L'inversion est plus précoce chez les *Microcyema vespa*, où la 5e cellule impaire,— la plus externe de l'embryon, — s'insinue entre les 4 autres pour devenir complètement interne[6].

Au lieu d'être totale, cette inversion peut se réduire à une simple tendance : quelques cellules ectodermiques s'enfonçant dans le mésoderme pour construire les spicules du squelette du Corail, pour former les œnocytes des massifs adipeux de la Fourmi[7].

C'est encore une inversion qu'ébauchent, chez les Laminaires (*Sacchorhiza bulbosa*), les « cellules muticlaves » qui quittent l'ectoderme cortical pour s'enfoncer dans l'intérieur du thalle et se surajouter aux éléments primitifs de la moelle, laissant à d'autres cellules le soin de combler les lacunes creusées[8].

2. *Les rotations cellulaires.* — Le développement larvaire peut altérer les rapports organiques et des cellules peuvent changer de position. Lameere (l. c.) explique la dissymétrie du nématogène des Dicyémides par une rotation de 90° du

1. ROULE : Anatomie comparée, p. 599. Masson, 1898.
2. SAUVAGEAU : Rech. sur les Laminaires des côtes de France. *Mém. Ac. Sc.*, t. LVI, p. 116 et 120. Paris, 1918.
3. CUÉNOT : Le sang et les organes lymph. *Arch. Zool. exp.*, p. 380-402; 1891. — BRANCA : Leucocytes, in *Dict. Physiologie* de Ch. Richet, t. X, pp. 140-50.
4. A. DRZEVINA : Tissu lymphoïde des Invertébrés. *Arch. Zool. exp.*, p. 209; 1904.
5. JOLLY : Diff. des premières cellules sanguines de l'œuf de cobaye. *C. R. Soc. Biol.*, 22 nov. 1918. — ID. : Modific. morphol. dans le sang des Mammifères au moment de la naissance *Ibid.*, 5 juillet 1919.
6. MALLÈVRE : Notes de Zootechnie. *Ann. Sc. Agron.*, p. 234; 1918.

1. NAGEOTTE : Tissus perméables aux migrations cellulaires. *C. R. Soc. Biol.*, 11 janv. 1919.
2. MAURICE : *Thèse Paris*, 1888, p. 272.
3. Cellules tunicales des Urocordés, d'après Y. DELAGE et HÉROUARD : Zool. concrète, t. VIII, p. 136, 158, 208, 240 (1895).
4. LAIGNEL-LAVASTINE : *C. R. Soc. Biol.*, 23 nov. 1919.
5. Y. DELAGE et HÉROUARD : Zoologie concrète, t. VIII, p. 380, 400.
6. LAMEERE : Rech. sur les Dicyémides. *Bull. biol. Fr. et Belg.*, 1916-17.
7. CH. JANET : Zoologie descriptive, t. II, p. 289; O. Doin, 1900.
8. C. SAUVAGEAU : Rech. sur les Laminaires des côtes de France. *Mém. Ac. Sc.*, t. LVI, p. 1-238; 1918.

massif interne, plaçant en file 3 couples de cellules internes, à disposition primitive transversale.

Cependant les exemples de torsion due à un déplacement *actif* des cellules sont rares, car la « rotation » des massifs cellulaires peut être un phénomène relatif[1]. Ainsi, ses recherches, appuyées par la critique d'observations classiques, permettent à Boutan d'expliquer par une *simple inégalité de croissance* toutes les causes successives de la dissymétrie des Gastéropodes : rotation de la région anale et du tortillon de la coquille autour de l'axe longitudinal de l'embryon (rotation limitée à la région viscérale abdominale de la plupart des Opistobranches, étendue à la région viscérale moyenne des Prosobranches), torsion sur lui-même de l'œsophage et du système nerveux (torsion proprement dite de Boutan), enroulement secondaire de la coquille, et même les phénomènes possibles de régularisation externe, ou enfin le déplacement des points de repère de la coquille de certains Lamellibranches (Tridacne...)[2].

§ 3. — Le rôle des amœbocytes

L'amœboïsme est le mode simple de capture de l'aliment, mode unique chez l'Amibe ou le Métazoaire sans glande digestive[3], mode temporaire chez beaucoup d'ovules (*Hydra*...), mode accessoire chez tout Métazoaire pourvu de phagocytes ; — les Punaises spécialisant même des amœbocytes à la digestion du sperme résiduaire non utilisé à la fécondation.

Aux amœbocytes incombent le transport des matériaux nutritifs ou résiduaires, leur dissémination, leur accumulation ou leur élimination[4]. A eux de transporter aux nouveaux points de calcification des *Pluteus* le calcaire emprunté aux anciens spicules[5], de construire les spicules des Spongiaires, du Corail, du Tubipore, de l'Alcyon.

Les Bryozoaires, les Echinodermes, les Oligochètes possèdent des amœbocytes excréteurs dont l'ensemble a la valeur d'un organe excréteur dissocié[1].

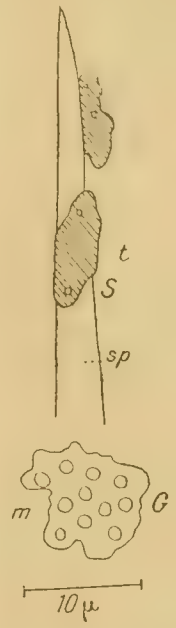


Fig. 1. — *S. Actinoblastes d'une éponge calcaire* (Leucosolenia) *ayant vécu dans une solution de bleu de toluidine ; t*, coloration diffuse; *sp*, spicule calcaire. G. *Amœbocyte granulé montrant des inclusions colorées en bleu, d'une* Leucosolenia *ayant vécu 6 jours dans une solution de bleu de méthyle.*

Les amœbocytes doivent sans doute leurs propriétés à leur affinité pour les sels. Dans les animaux transparents (Salpe, *Hyperia*...), observés vivants dans des solutions de couleurs d'aniline, nous voyons les amœbocytes se teindre électivement au milieu des organes massifs qui restent incolores, et dans les Eponges (*Leucosolenia*..) qui ont vécu dans des solutions de bleu de toluidine ou de méthyle, les actinoblastes (fig. 1) et les amœbocytes granuleux (fig. 2 et 3) montrent des inclusions colorées. Enfin la rapide coloration d'éléments figurés du sang est bien connue chez les animaux injectés[2].

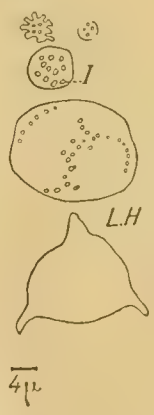


Fig. 2. — *Amœbocytes observés vivants dans un* Hyperia *vivant depuis 15 minutes dans une solution de bleu de toluidine.* — I, inclusions cyanophiles.

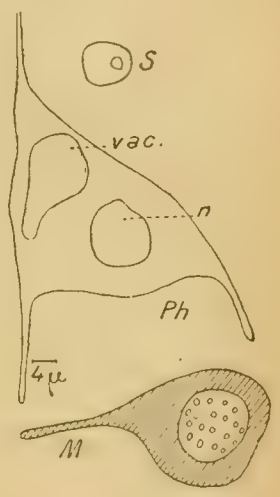


Fig. 3. — *Ph.*, phagocyte de larve de Bostriche sténographe prête à se nymphoser; M, cytoplasme basophile; *vac.*, vacuole; *n*, noyau; S, jeune cellule à sphérules.

1. VAN WIJHE : Anat. of the larva of *Amphioxus lanceolatus* and the explanation of its asymmetry. *Koninklijke Ak. van Wetenschappen te Amsterdam, Proc.*, t. XXI, n° 8.

2. L. BOUTAN : Considérations nouvelles sur les affinités réciproques des mollusques Gastéropodes. *Act. Soc. Linn. Bordeaux*, t. LXXI, 1919 (p. 63, 67, 75 du tirage à part).

3. REICHENON : Digestion intra-cellulaire chez un Gamaside (*Liponyssus saurum*). *Bol. Real. Soc. Hist. Nat.*, 1918, cité par *Rassegna Sc. Biol.*, p. 108; 1919.

4. A. CH. HOLLANDE : Etude histologique comparée du sang des insectes à hémorrée et du sang des insectes sans hémorrée. *Arch. Zool. exp.*, t. VI, n°. 9, p. 318 ; mars 1911. — HUFNAGEL ; Rech. sur la métamorphose d'un Lépidoptère. *Ibid.*, juillet 1918. — A. LAMEERE : La métabolie des Insectes. *Rev. gén. Sc.*, p. 374 ; juin 1916.

5. HJALMAR THEEL.

1. DURHAM : Wandering cells in Echinoderms. *Quat. J. Micr. Sc.*, 1891, cité par MC BRIDE : The Cambridge Nat. Hist.

2. BRUNTZ : Etude physiologique sur les Phyllopodes Branchiopodes : Phagocytose et excrétion. *A. Zool. exp.*, déc. 1905. — CUÉNOT : Organes agglutinants et organes cilio-phagoc. *Ibid.*, p. 79 ; 1902.

§ 4. — La destinée des cellules migratrices

Des amœbocytes s'arrêtent nombreux dans le tissu conjonctif qu'ils enrichissent [1], et surtout au niveau de plages qui se différencient en organes lymphoïdes : dans le thymus, on reconnaît une trame épithéliale enrichie d'amœbocytes mésodermiques [2].

Parfois des cellules migratrices acquièrent une très haute spécialisation : chez les Cnidaires, beaucoup, pendant leur longue migration à partir de leur point d'origine, se différencient en nématocystes [3]. D'autres amœbocytes se groupent en ébauches d'organes autonomes, en ébauches sexuelles surtout : les futures cellules germinatives, primitivement libres et errantes chez les Spongiaires, les Cœlentérés [4], les Ascidies,... les Vertébrés [5], se rendent à leur emplacement définitif autant par leur migration propre qu'à la suite des inégalités de croissance de l'embryon.

Lorsqu'elles ne sont plus amœboïdes, les cellules sexuelles peuvent s'annexer des amœbocytes qui les transportent, les protègent et les nourrissent, soit comme telles, soit en construisant des organes spécialement adaptés : leur type le plus beau, la Méduse, procède chez les Hydraires Gymnoblastidés (*Cordylophora*, *Pruvotella*...) d'un nodule médusaire formé par le groupement, autour des masses génitales, d'amœbocytes émigrés de l'ectoderme du gonophore [6].

Qu'elle soit déterminée par des cellules sexuelles ou des endoparasites, l'attirance des amœbocytes paraît spécifique ; les parasites comme l'*Urospora* [7], les Vers [8], les entomophages [9], ne sont pas entourés à moins d'être morts, enkystés, ou introduits dans l'économie sous forme d'œufs.

Chez la Moule, les cellules qui encapuchonnent les Distomes dans une perle ne sont pas des migratrices, mais procèdent d'une invagination de l'ectoderme du manteau [10].

1. MERCIER : Phagocytose et Métamorphose. *Arch. Zool. exp.*, p. 63 ; 1906.
2. LAGUESSE : Revue d'Anatomie. *Rev. gén. Sc.*, p. 370 ; 30 mars 1914. — PRENANT : Les cellules géantes. *Rev. gén. Sc.*, p. 370 ; 1910.
3. MURBACH, cité par HICKSON : *The Cambridge Nat. Hist.*, p. 248 ; 1909.
4. DANTAN : Origine des cellules sexuelles de *Parantipathes larix*. *Compt. rend.*, t. CLXVIII, p. 629 ; 24 mars 1919.
5. C. S. DODDS : Germ cells of the Teleost *Lophius*. *J. Morph.*, t. XXI, p. 659 ; 1911.
6. MOTZ-KOSSOWSKA : Hydraires. *Arch. Zool. exp.*, p. 63 et 80, t. III ; 1905.
7. BRAZIL : *Arch. Zool. exp.*, t. III, p. 24 ; 1905.
8. W. R. THOMPSON : Rapport entre les phagocytes et les parasites chez les Arthropodes. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, t. XL, p. 65 ; 1915.
9. P. MARCHAL : Les *Platygaster*. *Arch. Zool. exp.*, p. 503 ; 1906.
10. L. BOUTAN : L'origine réelle des perles fines. *Ibid.*, p. 75 ; 1904.

Cependant, des Bactériacées ou des Champignons endotrophes *peuvent* provoquer l'accumulation des amœbocytes au point infecté de l'économie [1].

En résumé, beaucoup de cellules migratrices semblent vouées à une mort rapide, par dégénérescence graisseuse, pigmentaire [2] ou scléreuse. Bourrées de produits de déchets, elles sont agglutinées [3] (fig. 4), accumulées en certains points de l'organisme ou éliminées à son extérieur [4]. Les cellules pigmentaires s'accumulent dans le foie (des Ichtyopsidées) et dans la peau, les scléroblastes dans le squelette.

D'autres amœbocytes, cependant, demeurent indéfiniment juvéniles et peuvent être même *sauvés de la mort* par des *migrations intra-cellulaires :* les gonocytes migrateurs des Dicyémides sont préservés par les cellules ectodermiques qui les hébergent ; les cellules sexuelles se désintoxiquent par conjugaison. Mais cette quasi-immortalité que la répétition indéfinie des actes sexuels confère aux cellules germinatives, les cellules qui deviennent cancéreuses peuvent l'acquérir d'une façon absolue, en même temps que le pouvoir migrateur.

II. — LES CELLULES MIGRATRICES INTRA-CELLULAIRES

La cellule migratrice, entre autres propriétés, conserve celle de phagocyte, qui lui permet, outre la migration en milieu inerte, la pénétration des cellules vivantes.

Il n'y a aucune différence qualitative, — mais une seule différence quantitative due au rapport des tailles, — entre la cellule migratrice qui en pénètre une autre plus grande, ou celle qui en englobe une plus petite.

Les cellules qui se pénètrent ainsi peuvent être des cellules sœurs, cousines, appartenir au même individu ou à des individus différents de même espèce, souvent à des genres différents. Le sort de chacune ne dépend pas du degré de parenté spécifique des plasmas en présence, et ce n'est pas non plus fatalement la plus grosse cellule qui mange la plus petite.

Selon le cas il peut y avoir :

1° simple inclusion [5] ;

2° endoparasitisme ;

1. DE BARYE, cité par PICARD : Les champ. paras. des insectes, p. 215. *Ann. Ec. nat. Agr. Montpellier*, 1914.
2. REICHENON : *l. c.*
3. CUÉNOT : *loc. cit.* ; — J. DUFRENOY : *C. R. Acad. Sc.*, t. CLXXI, p. 52 ; juillet 1920.
4. STROHL : Physiologie des Invertébrés. *Rev. gén. Sc.*, p. 603 ; 1914. — A. DRZEVINA : Tissu lymphoïde. *Arch. Zool. exp.*, p. 269 ; 1903.
5. Dans l'infusorigène des Dicyémides, la 1re spermatogonie pénètre immédiatement dans sa cellule-sœur, qui devient follicule (Lameere).

3° phagocytose ;

4° plasmogonie sans caryogamie (fusion syncitiale provisoire[1] ou définitive[2]) ;

5° plasmogonie à fusion nucléaire différée (formation des dikaryons[3]) ;

6° adoption du noyau d'une cellule par l'autre ;

7° auto-mixie (union de noyaux provenant d'une même division nucléaire, ou de cellules sœurs[4] ou cousines) ;

8° conjugaison cytoplasme à cytoplasme et noyau à noyau.

L'endoparasitisme n'est nullement lié à une différence spécifique des plasmas : on l'observe entre cellules-sœurs dans les sporogonies des Narcoméduses du genre *Cunina*[5], et dans la cellule axiale du nématogène des Dicyémides. Ici, une cellule s'étant divisée en deux cellules inégales, la plus petite rentre dans la plus grande — future cellule axiale — et y évolue indépendamment en cellule-mère de gonocytes[6].

Certains gonocytes émigrent de la cellule-mère, puis de la cellule axiale pour immigrer dans quelque cellule périphérique de l'ectoderme larvaire, où leur noyau est *adopté* sans caryogamie ni plasmogonie.

Une cellule immigrante, après fusion temporaire avec la cellule qu'elle a pénétrée, peut reprendre son individualité, et entre la phagocytose et la fusion syncitiale existent tous les intermédiaires, illustrés par les « masses polynucléées » des larves d'Eponges siliceuses[1] et par le syncytium de Van Beneden dans les villosités placentaires[2].

III. — L'ORIGINE DES CELLULES MIGRATRICES

La vie, c'est essentiellement le mouvement : son expression biologique la plus simple est la cellule amœboïde.

La migration cellulaire a dû tirer origine d'une inégalité de croissance de la première cellule vivante, dont la masse s'accroissait plus vite vers la région de l'espace la plus favorable à la nutrition.

Or, entre la cellule qui croît inégalement dans les différentes dimensions de l'espace, en poussant des prolongements à partir d'une masse initiale fixe, et la cellule qui hale toute sa masse cytologique sur ses pseudopodes... existent tous les intermédiaires.

Comme la vitesse de croissance, la vitesse de migration obéit à la loi établie par Van't Hoff pour

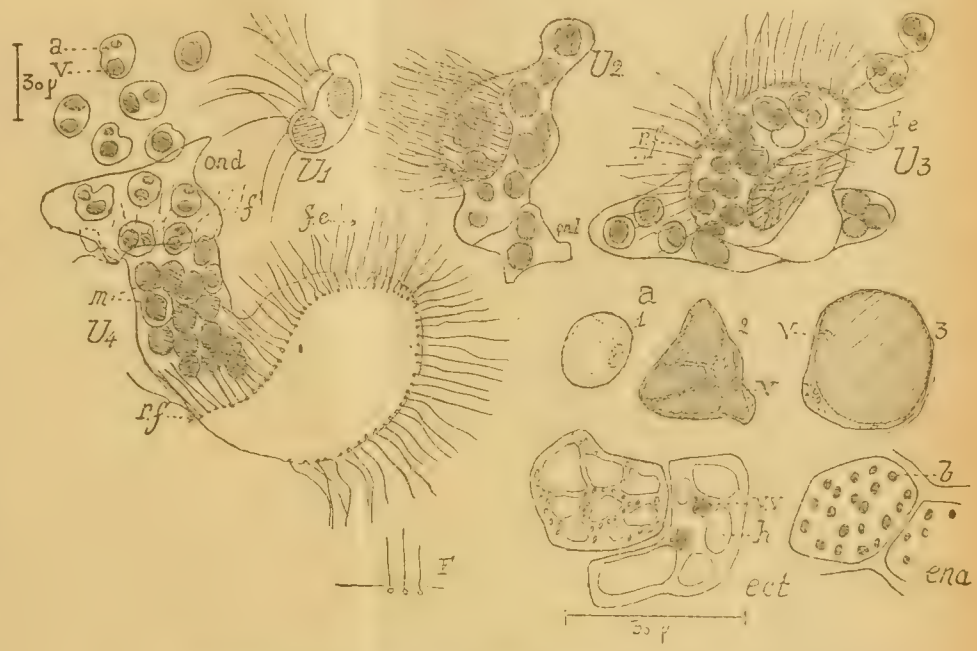


Fig. 4. — *Agglutination des amœbocytes, chez la* Molgula ampulloïdes *colorée vivante par le bleu de toluidine.*

a, amœbocytes ; *v*, vacuoles violettes ; U_1, U_2, U_3, U_4, urnes ciliées du cœlome, agglomérant les amœbocytes usés.

1. DELAGE : Développ. d'une éponge siliceuse, *l. c.*

2. PRENANT : Les cellules géantes. *Rev. gén. Sc.*, p. 370 ; 1910 ; — GATES : *Proc. Roy. Soc.* (Londres), 11 mars 1920 ; — ARON : *C. r. Soc. Biol.*, p. 1123 ; 1920.

3. MAIRE : Rech. cytologiques et taxonomiques sur les Basidiomycètes. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, 1902. — R. H. COLLEY : Parasitism, morphology and cytology of *Cronartium ribicola*. *J. Agric. Research*, p. 643 ; Washington, 25 déc. 1918. — CAULLERY et MESNIL : *Rev. gén. Sc.*, p. 877 ; 1909.

4. REGNARD : *Arch. Zool. exp.*, t. LIV, f. I, p. 9 ; 30 mars 1914.

5. METCHNIKOW, cité par DELAGE et HÉROUARD : *l. c.*, t. II, 2, p. 198.

6. LAMEERE : *Rev. biol. Fr. Belg.*, t. LI, p. 387.

1. Delage a fait connaître le stage des larves d'*Incalcaria* où tous les éléments sous-épidermiques émettent des pseudopodes et forment un réseau, soit en gardant leur individualité (*Esperella*), soit en la perdant temporairement au cours d'une demi-phagocytose que suit la libération des cellules ectodermiques. (V. DELAGE : *Arch. Zool. exp.*, t. X, 1892, résumé in Zool. descript., t. I, p. 175.)

2. DE KERVILLY, cité par ANTHONY et VALLOIS : Revue d'Anatomie. *Rev. gén. Sc.*, 15 mars 1919, p. 153.

la vitesse des réactions, et double avec une élévation de température de 10°[1].

La faculté de migrer, — primitive et fondamentalement acquise par inégalité de croissance, — a pu être *secondairement* perdue par spécialisation : 1° grâce à l'association en tissus où certaines cellules demeurent seules migratrices pour pourvoir aux besoins des autres qui s'immobilisent; 2° grâce à l'acquisition de cils, qui évitent à la cellule de se déplacer dans le milieu en déplaçant le milieu autour d'elle[2].

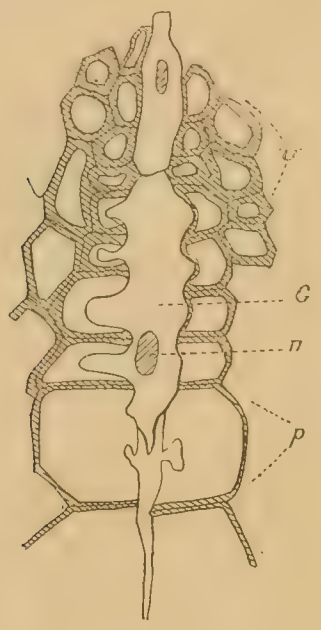


Fig. 5. — *Cellule cancéreuse (tumeur expérimentale de Pin Sylvestre).* — G, cellule cancéreuse, issue de la néoplasie cambiale, et s'immisçant entre deux files de cellules, qu'elle écarte devant elle comme un coin, tandis que les parois latérales font hernie dans les cellules écartées; *n*, noyau; *p*, bois de printemps; *v*, bois d'automne.

L'amœboïsme reste caractère essentiel de toute cellule; potentiel lorsque la spécialisation histologique le masque, il se manifeste dans les cellules moins différenciées, dans les cellules sexuelles surtout, qui, avec leurs autres expressions de la vie, conservent fidèlement le pouvoir migrateur.

Ce sont des amœbocytes que produit, par lymphocytose, karyokinétose ou autres réactions similaires, l'activité des Métazoaires surexcitée par des toxines[3]. Cultivés en dehors de l'organisme, non seulement les tissus hématopoïétiques, mais même les tissus très spécialisés comme les fibres musculaires[4], produisent, par retour au type primitif, par variation métaphanique, des cellules amœboïdes.

Les cellules d'œufs de grenouille, introduits dans la cavité péritonéale d'une grenouille, ne se différencient pas, mais donnent des cellules à caractère indéfiniment embryonnaire ou sarcomateux, capables de migrer, chacune pour son compte, dans les tissus de l'hôte[1].

De même, la cellule qui devient cancéreuse acquiert le caractère de cellule migratrice qui lui permet de s'insinuer irrésistiblement dans

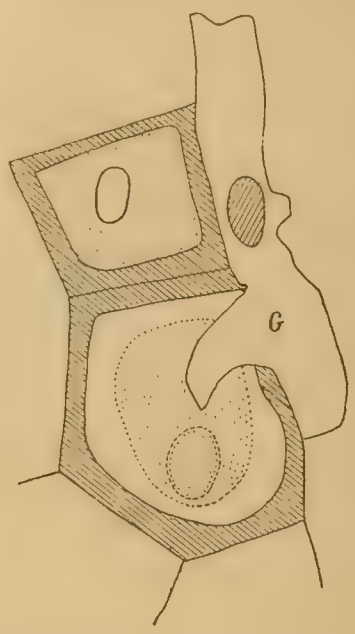


Fig. 6. — *Détail de la pénétration d'une cellule cancéreuse migratrice* (G) *dans une cellule voisine, dont le cytoplasme se plasmolyse.*

les tissus voisins, pour former des cordons de tumeur, et cela non seulement chez les animaux, mais chez les végétaux même (fig. 5 et 6)[2].

IV. — CONCLUSIONS

L'amœbocyte, forme simple de la cellule isolée, phase temporaire de beaucoup de cellules plus tard immobilisées et spécialisées, état toujours persistant chez quelques cellules au moins de tout Métazoaire, état d'équilibre vers lequel tend toute cellule produite sous l'influence de facteurs anormaux dédifférenciateurs, paraît bien l'image fidèle de ce que put être la première cellule vivante, à partir de laquelle la spécialisation fonctionnelle a modelé toutes les autres comme les termes d'une série continue.

Jean Dufrénoy.

1. J. COMANDON : Action de la température sur la vitesse de reptation des leucocytes. *C. R. Soc. Biol.*, 13 déc. 1919.
2. PRENANT : Les cils et leurs dérivés. *Rev. gén. Sc.*, p. 41; 1916.
3. A. PAILLOT : *C. R. Soc. Biol.*, p. 247; 15 mars 1920; — La production de leucocytes dans les cultures *in vitro* de fragm. de rate. *Rev. gén. Sc.*, p. 3; 15 janv. 1920.
4. CHAMPY : Sort des tissus cultivés en dehors de l'organisme. *Ibid.*, p. 797, fig. 9; nov. 1913.

1. BELOGOLOVY, cité par WEBER : Revue d'Embryologie. *Ibid.*, p. 720, fig. 22; 30 déc. 1919; — WEBER : *C. r. Soc. Biol.*, p. 1059; 1920.
2. E. F. SMITH : Studies in the crown-gall of plants. *J. Cancer Research*, v. I, n° 2, Apr. 1916; — ID. : Mechan. of tumor-growth in crown-gall. *J. Agr. Res.*, t. VIII, n° 5, 1917. — J. DUFRENOY : Tumeurs bactériennes expérim. des Pins. *Compt. rend.*, t. CLXIX, pp. 545-7; sept. 1919.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Mascart (J.), *Directeur de l'Observatoire de Lyon.* — **La Vie et les Travaux du Chevalier Jean Charles de Borda** (1733-1799). Épisodes de la vie scientifique au XVIIIe siècle. *Introduction par M.* E. Picard, *S. p. de l'Académie des Sciences. — Un très fort volume de* 882 *pages, in-8°, des* Annales de l'Université de Lyon, nouv. série, fascicule 33 (1919). *Rey, Imprimeur-Editeur, Lyon; Librairie A. Picard, Paris,* 1919.

« Le nom du Chevalier de Borda n'est certes pas ignoré. Il rappelle à beaucoup deux ou trois instruments, mais bien peu savent quelle fut la haute valeur du savant dont l'activité prodigieuse s'est portée sur les Mathématiques, l'Astronomie, la Physique et qui sut appliquer de la façon la plus heureuse ses connaissances théoriques à la Navigation et à la Géodésie. »

C'était le vœu du Cte Guyou de faire jaillir en pleine lumière et l'œuvre et l'homme. Ce que la maladie lui a interdit, M. J. Mascart nous semble l'avoir admirablement réalisé. Non seulement la vie de Borda est retracée avec des documents inédits ou plus sûrs et plus précis, mais elle est encadrée dans le tableau vivant et coloré des mœurs du XVIIIe siècle, et nous voyons notre « héros » se mouvoir et agir dans son milieu, dans cette ambiance intellectuelle qui précède la Révolution et où tant d'hommes illustres participent à la renaissance scientifique dont nous jouissons sans en comprendre toujours bien les difficultés et la vraie grandeur. Borda est géomètre, astronome, marin, physicien; sa carrière est extrêmement variée, car les multiples fonctions qu'il remplit s'enchevêtrent mutuellement comme il était d'ailleurs d'usage à cette époque. Un premier essai en Géométrie fait dire à d'Alembert : « Ce jeune homme ira certainement très loin, je voudrais que sa position le portât à songer à l'Académie; ce serait à coup sûr un excellent sujet. » Cette prévision se réalise en tous points. A 20 ans, Borda est correspondant de M. de Réaumur, à l'Académie des Sciences. Il sera adjoint géomètre à 23 ans; il finira, comme premier membre élu, membre de l'Institut réorganisé par le Directoire. A la création de l'Académie de Marine en 1769, Borda est compris dans les vingt membres ordinaires; cette institution disparaît dans les transformations maritimes de la Révolution, elle est remplacée par le Bureau des Longitudes actuel dont Borda est ainsi l'un des premiers membres. Le rappel des statuts des anciennes Académies, de l'Institut, du Bureau des Longitudes à ses débuts, éclaire vivement le lecteur sur le rôle scientifique de ces institutions, en même temps qu'il fait ressortir avec éclat les travaux des différents membres. Ces documents historiques, certainement fort ignorés, sont complétés par l'exposé sommaire de toutes les questions qui s'agitent entre les savants d'alors. Citons : la résistance de l'air, la résistance des fluides, leur écoulement, etc.

Borda artilleur d'abord, marin ensuite, rénovera les méthodes de tir et surtout prendra une telle place dans la Marine française que l'on s'explique bien le culte persévérant des marins à son endroit. Le problème des constructions navales est de tous les temps et chaque génération le rajeunit selon ses moyens. Borda deviendra Inspecteur des Constructions navales et on lui sera redevable de toutes les améliorations qui sont aujourd'hui le monopole du Génie maritime.

Mais la question la plus passionnante est celle de la détermination des longitudes; elle dépend très simplement de la mise en commun des moyens astronomiques et horlogers, secondés par l'art des constructeurs d'instruments de précision. Or, sous Louis XV, l'Astronomie est bien en puissance dans l'œuvre de Newton, mais il faut en préparer les applications; quant à l'Horlogerie, elle est à ses débuts. Borda sera au premier plan pour l'application des méthodes astronomiques et le conseiller toujours écouté des artistes horlogers Berthoud, Leroy, des constructeurs Lenoir, etc. Ses méthodes de calcul des Longitudes ont formé pendant très longtemps le fondement des « Explications » de la *Connaissance des Temps* et le cercle répétiteur évoque toujours son nom.

Borda ne fut pas seulement le marin astronome, ni l'inspecteur des Constructions navales; il prit également une part glorieuse à la guerre d'Indépendance, où, fait prisonnier par les Anglais, ceux-ci le mirent de suite en liberté comme hommage à son noble caractère et à sa haute notoriété scientifique.

La Révolution, qui prend à tâche de bouleverser l'héritage de la Monarchie, les Académies, la Marine, ne peut cependant se passer des hommes de science. La transformation du Système des Poids et Mesures qui aboutit à la création du Système décimal est l'œuvre collective des savants de l'époque, avec Borda toujours au premier rang parmi les commissaires et les rédacteurs des divers Rapports. On sait toute l'importance des travaux géodésiques associés à la détermination du Mètre et des problèmes de physique à résoudre pour l'établissement des étalons de longueur et de poids. Borda est partout; mais sa santé, altérée dans quelques croisières anciennes, décline peu à peu; il s'éteint à 66 ans, en 1799, au moment où se prépare l'épopée napoléonienne qui va exalter le rôle glorieux de ses collègues, Laplace, Lagrange, Delambre, etc.

Des notices historiques très détaillées pour chacun des savants, pour chacun des contemporains cités dans l'ouvrage, font de celui-ci un répertoire biographique dont rien de semblable n'existe en dehors des Dictionnaires. En pièces annexes, les documents historiques sur la famille de Borda, une table alphabétique des noms de tous les personnages cités, des noms géographiques et faits historiques, un index bibliographique complètent à souhait cette monographie de Borda, se détachant lumineusement dans cette période intellectuelle si brillante de 1750 à 1800. Peut-être aurait-il été à propos de reproduire, en gravure si soignée de l'époque, au moins le cercle répétiteur, mais nous sommes en des temps difficiles et il faut se réjouir de voir une Université de province en mesure d'éditer avec autant de soin une œuvre qui sera bien vite l'ornement de toutes les bibliothèques.

A. Lebeuf,
Correspondant de l'Institut,
Directeur de l'Observatoire de Besançon.

Foch (A.), *ancien élève de l'Ecole Normale Supérieure, docteur ès-sciences.* — **Contribution à l'étude des coups de bélier dans les conduites munies d'un réservoir d'air.** — 1 *broch. in-4° de* 78 *p. avec* 26 *fig. Imprimerie et Librairie Edouard Privat,* 14, *rue des Arts, Toulouse,* 1920.

Les coups de bélier sont ces *variations de pression* qui se produisent dans les conduites d'eau sous l'influence des changements de vitesse de l'eau. Si les conduites sont entièrement purgées d'air, le coup de bélier est engendré par des *ondes*. Mais il peut exister un mouvement d'ensemble de l'eau, une *oscillation en masse*, quand il y a une surface déformable, un réservoir d'air, par exemple. Le mouvement d'ensemble a été étudié par M. Rateau, puis la propagation des ondes a été étudiée par M. Allievi.

Auparavant un savant russe, Joukowski, avait prévu les résultats d'Allievi, mais son travail était resté inconnu.

M. Foch a notablement accru la connaissance de ces phénomènes.

Nous savons bien que l'Hydrodynamique classique, même dans son schéma si éloigné de la réalité, est encore loin de pouvoir intégrer ses équations différentielles.

Cela viendra, et il est nécessaire que ce soit fait, mais, en attendant, le physicien et l'ingénieur s'y prennent autrement. Renonçant à une extrême généralité, ils commençent par limiter leurs ambitions et n'étudient qu'une classe très particulière de phénomènes, qu'ils apprennent à connaître par des mesures expérimentales très nombreuses. Ils pourront ensuite faire des hypothèses simplificatrices, conduisant à des calculs *possibles*. Dans ces calculs sont introduits certains coefficients dont l'expérimentation donnera, dans chaque cas, une valeur numérique approchée (comme, par exemple, le coefficient balistique d'un obus).

C'est bien ce que fait M. A. Foch.

Voyons ses hypothèses : on néglige le frottement intérieur de l'eau et les tourbillons. On suppose la vitesse identique en tous les points d'une section droite de la conduite, et dirigée parallèlement à l'axe.

On prend ensuite les équations fondamentales d'*Euler* et de *continuité* et on néglige une certaine fonction de la vitesse.

On arrive ainsi à l'équation des cordes vibrantes, que l'on intègre aisément. Sans ces hypothèses, on tomberait sur l'équation des télégraphistes et même, en général, sur un système plus complexe.

Voyons enfin quel est le coefficient numérique introduit — sorte de *coefficient d'ignorance* qui englobe tout ce que nous n'atteignons pas — coefficient que donnera l'expérience pour un groupe limité de cas bien définis. Ce coefficient γ, compris entre 1 et 1,41, est défini par la loi suivante relative à la compression de l'air :

$$uz^{\frac{1}{\gamma}} = \text{constante},$$

u est le volume, z est la pression dans la poche d'air.

Notons bien qu'il y a une inconnue assez gênante : la dissolution de l'air dans l'eau !

Nous sommes ainsi bien armés pour obtenir des considérations générales sur les travaux antérieurs, de Rateau et Allievi (chap. I).

Dans le chapitre II, M. A. Foch amorce les calculs relatifs au cas d'une poche d'air de dimensions moyennes, et il donne les résultats de ses expériences, prouvant qu'un réservoir d'air à l'aval atténue toujours le coup de bélier initial (page 45).

Dans le chapitre III, M. A. Foch établit une formule générale sur la période des oscillations (form. 6, page 48). Cette formule, qui contient le coefficient γ, montre que Rateau, d'une part, et Allievi, d'autre part, ont considéré chacun un *cas extrême*. Ce résultat de M. A. Foch attirera l'attention.

Nous trouvons ensuite la détermination expérimentale de la *période;* l'étude expérimentale de la *résonance;* l'influence du volume de la poche d'air ; enfin le cas où cette poche est placée en un *point quelconque* de la conduite. Dans ce cas, il y a deux familles de vibrations possibles.

Ce travail, venant après ceux de Rateau, Allievi, de Sparre, Camichel, Eydoux, Gariel, est tel qu'on peut souhaiter d'en lire souvent de semblables ; mémoire scientifique, c'est-à-dire méthodique et précis — où n'entre aucun appareil mathématique inutile — directement utilisable par l'ingénieur.

Dans sa préface, A. Foch se loue d'avoir eu à sa disposition un laboratoire remarquablement outillé et doté.

Comme il est aujourd'hui à la mode de se plaindre de l'insuffisance des laboratoires (locaux, appareils, crédits, etc.) et que, d'ailleurs, ces plaintes sont souvent bien fondées, je conclus que M. A. Foch, s'il a eu de bons instruments, est certainement un excellent ouvrier.

ROBERT D'ADHÉMAR,
Ingénieur des Arts et Manufactures,
Docteur ès sciences.

2° Sciences physiques

Pomey (J.-B.), *Ingénieur en Chef des télégraphes.* — **Introduction à la théorie des courants téléphoniques et de la radiotélégraphie.** — *1 vol. in-8° de 510 p. avec 100 fig. (Prix : 50 fr.). Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, Paris, 1920.*

L'ouvrage de M. Pomey fait suite à son cours d'Electricité théorique, professé à l'Ecole supérieure des Télégraphes, dont le premier volume a été publié en 1914 par la librairie Gauthier-Villars.

Comme ce dernier, il obtiendra près du public scientifique le même légitime succès.

Un certain nombre de chapitres du présent ouvrage ont fait l'objet de leçons à l'Ecole professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes par le distingué professeur et actif collaborateur de la *Revue générale de l'Electricité.*

Les élèves ingénieurs de l'Ecole étant tous d'anciens élèves de l'Ecole Polytechnique ou des licenciés, on voit de suite le degré de culture qu'exige la lecture du volume que nous présentons ici.

Cependant les chapitres sur le calcul vectoriel, sur les imaginaires ne supposent d'autres connaissances que celles des Mathématiques élémentaires. D'ailleurs, l'auteur a développé les calculs de manière à éviter à ses lecteurs l'obligation de recourir à d'autres traités.

Pour donner au travail un caractère pratique, l'auteur a réuni en une liste détaillée, annexée à la table des matières, les formules principales utiles soit à l'ingénieur mécanicien, soit à l'électrotechnicien.

M. Pomey a cru d'abord nécessaire de rédiger un résumé des idées de Vaschy, son prédécesseur dans la chaire d'Electricité théorique, qu'il a soumises à la critique et développées dans de nouvelles directions dans son cours d'Electricité théorique. C'est la première partie du livre.

Un des résultats nouveaux, et des plus intéressants, dus à M. Pomey est l'énoncé du théorème de Vaschy sous la forme simple :

$$H = \text{grad}\, V + \text{rot}\, A.$$

En outre, l'auteur a complété le principe de l'action et de la réaction par une formule qui en permet l'application simple et rend intuitive l'expression des pressions et tensions du champ électrodynamique. Il a complété aussi, d'une façon remarquable, la théorie de la polarisation électrique ou magnétique. Il y a lieu de citer encore le calcul relatif au travail des forces électrodynamiques. Enfin, M. Pomey a cherché également à étendre les idées de Maxwell en donnant des lois d'Ohm et de Kirchhoff une interprétation mécanique.

D'autres points de vue nouveaux sont encore à signaler dans la partie théorique de l'ouvrage. Mais ce n'a pas été l'objectif de l'auteur que de faire œuvre originale, car son ouvrage est écrit surtout dans le but de préparer les ingénieurs à l'étude des courants téléphoniques et de la radiotélégraphie, et il a considéré son travail comme une introduction aux applications physiques.

Aussi passe-t-il en revue toutes les méthodes de calcul et les théories utiles à l'ingénieur sur les fonctions harmoniques, les oscillations périodiques, la synchronisation, les décharges oscillantes et enfin les théorèmes sur les puissances actives et réactives.

Ce qui concerne les méthodes de calcul et les résultats relatifs à la propagation des courants, à la téléphonie, à la pupinisation est exposé sous une forme magistrale autant qu'originale, et est appelé, comme le dit M. A. Blondel dans sa préface, « à rendre les plus grands services ». Mais, comme lui, nous regrettons l'emploi fait des notations symboliques, et nous aurions préféré, pour éviter toute erreur d'application, que l'auteur ait continué à faire usage des méthode et écriture classiques pour la solution des équations différentielles.

Les ingénieurs trouveront le même intérêt à la lecture des chapitres consacrés au calcul des antennes de télé-

graphie sans fil, tant au point de vue mécanique qu'électrique, à la théorie de la génération et de l'émission par les postes à étincelles musicales ou à ondes entretenues et des circuits oscillants de la radiotélégraphie.

L'énorme documentation de l'ouvrage est le fruit de l'expérience acquise pendant la guerre par l'auteur dans les fonctions qu'il a remplies à la radiographie militaire.

Ecrit, comme le dit M. Blondel, par un professionnel de la Mécanique rationnelle, l'ouvrage a recours à l'emploi systématique des équations de Lagrange et à la transposition dans le domaine de l'électricité des propriétés de la Mécanique rationnelle : l'énergie magnétique est assimilée à la force vive, le flux magnétique à une quantité de mouvements, la force électromotrice d'induction à une force d'inertie.

Pour montrer l'étendue du travail de l'auteur, nous finirons par l'énumération de ses 23 chapitres :

I. — Introduction mathématique.
II. — La traduction mathématique des faits fondamentaux de l'électricité et du magnétisme.
III. — Les lois : loi d'Ohm, loi de Laplace, loi de l'Induction.
IV. — De la théorie de Maxwell à la théorie de Lorentz.
V. — Fonctions harmoniques simples.
VI. — Courants périodiques et oscillations amorties.
VII. — Méthodes de répétition, synchronisation.
VIII. — Décharge oscillante du condensateur.
IX. — Electro-cinétique et mécanique.
X. — Puissance active et puissance réactive.
XI. — Recherches de Pupin.
XII. — Téléphonie et pupinisation.
XIII. — Calcul symbolique, coefficients de réflexion. Propagation du courant dans un câble. Développement de Heaviside.
XIV. — Propagation du courant.
XV. — L'antenne (partie mécanique).
XVI. — Vibrations électriques de l'antenne.
XVII. — Résonance primaire. Alternateur à résonance.
XVIII. — Régime périodique d'émission dans les postes à étincelles.
XIX. — Génération des oscillations entretenues.
XX. — Circuits oscillants ; accouplement.
XXI. — Amortissement; formule de Bjerknes.
XXII. — Capacité et induction.
XXIII. — Propagation des ondulations électriques produites par un dipôle.

M. André Blondel, dans sa préface, a su faire admirablement valoir tous les mérites de l'ouvrage et montrer que M. Pomey a, « en définitive, non seulement enrichi notre littérature scientifique française, mais aussi rendu un très grand service à la fois aux théoriciens modernes de l'électricité et aux techniciens qui veulent s'initier le plus rapidement et le plus directement possible aux méthodes nouvelles de calcul, et acquérir des notions rigoureuses et précises en même temps que des aperçus philosophiques sur les phénomènes fondamentaux dont ils ont à faire l'application ».

L. Potin.

Sabatier (Paul), *Membre de l'Institut, Doyen de la Faculté des Sciences de Toulouse.* — **La Catalyse en Chimie organique.** 2e *édition, revue et augmentée.* — 1 *vol. in*-8° *de* XVI-388 *p. de l'Encyclopédie de Science chimique appliquée* (*Prix cart.* : 36 *fr.*). *Ch. Béranger, éditeur, Paris et Liége*, 1920.

La première édition de cet ouvrage, parue juste avant la guerre, a été rapidement épuisée par suite de l'intérêt croissant, à la fois scientifique et industriel, qui s'attache aux réactions catalytiques. M. Sabatier a profité de cette seconde édition tant pour remanier l'ordre des matières que pour enrichir son texte de tous les travaux nouveaux qui ont paru depuis 6 ans sur la question ; aussi le nombre des pages a-t-il augmenté de plus de moitié

L'auteur a condensé dans les trois premiers chapitres les généralités sur la catalyse, les divers corps catalyseurs et le mécanisme de la catalyse; la théorie des combinaisons temporaires qui a servi de guide à ses propres travaux lui paraît toujours celle qui explique le mieux, à l'heure actuelle, les faits observés et qui permet le plus d'en prévoir de nouveaux.

Dans les chapitres suivants, l'auteur décrit, à l'aide de nombreux exemples, tous les genres de réactions qu'on peut effectuer sous l'influence des catalyseurs : isomérisations, polymérisations, dépolymérisations, condensations par addition, oxydations, introductions diverses dans les molécules, hydratations, hydrogénations, séparations diverses, déshydrogénations, déshydratations, dédoublement des acides et des éthers-sels, séparations d'hydracides ou de molécules similaires, dédoublements et condensations des hydrocarbures. Enfin, l'auteur a consacré un appendice à l'hydrogénation des corps gras liquides, qui constitue l'une des applications industrielles les plus importantes des méthodes catalytiques.

L'ouvrage de M. Sabatier constitue le traité classique que doivent consulter tous ceux qui s'intéressent à la catalyse en Chimie organique.

Roux (Eugène) et **Muttelet** (C. F.). — **Aliments sucrés.** — 1 *volume in*-18 *de* 470 *pages de la collection des Manuels pratiques des analyses des laboratoires officiels et des experts* (*Prix cart.* : 12 *fr.*). *Béranger, éditeur*, 15, *rue des Saints-Pères, Paris*, 1920.

Les aliments sucrés, qui comprennent : les sucres, les sirops et les limonades, les confitures, les sucreries, enfin les préparations à la réglisse, sont ces produits de consommation si courante dans lesquels le saccharose ou ses générateurs hexosiques fournissent l'élément prédominant et parfois même exclusif.

Fréquentes sont leurs falsifications, plus fréquentes encore les circonstances dans lesquelles ces produits même exempts de toute addition étrangère, étant soumis aux taxes imposées au sucre, sont examinés par les chimistes des laboratoires officiels ou par les experts.

MM. Eugène Roux et Muttelet, par leurs fonctions dans les services scientifiques et sanitaires relatifs à la répression des fraudes et par leurs études, étaient mieux qualifiés que quiconque pour grouper l'ensemble des renseignements que peut désirer un chimiste appelé à s'occuper de ces substances alimentaires, soit à l'occasion de la répression des fraudes, soit pour trancher un litige commercial. Leur ouvrage sur les aliments sucrés répond pleinement à ce but.

Il comprend deux parties : l'une consacrée aux méthodes générales, l'autre aux méthodes particulières d'analyse et de recherches. Dans la première sont étudiées, avec le plus grand soin, la saccharimétrie optique et chimique ; les matières colorantes employées pour la coloration des produits alimentaires à base de sucre, les antiseptiques, les édulcorants et les aromes dont on les additionne; enfin les acides végétaux et les huiles essentielles qui peuvent les accompagner.

Dans la seconde sont successivement passés en revue 1° les *sucres naturels* ou *miels*, dont l'un des auteurs, M. Muttelet, avait déjà fait connaître un très bon mode d'analyse ; 2° les *sucres commerciaux* (sucres raffinés, blancs, cristallisés ; les glucoses et le maltose); 3° les *sirops de sucre* et de *fruits*, avec un tableau sur la composition des jus des principaux fruits ; 4° les *confitures*, les *gelées* et les *marmelades ;* 5° les *sucreries* (bonbons, fondants, pastilles, dragées et pralines, pâtes et fruits confits); 6° les préparations à la réglisse, comprenant les sucs et les bonbons ayant cette substance pour base.

Enfin un précieux appendice de 150 pages contenant l'ensemble des documents législatifs, tant français qu'étrangers (pays d'Europe, Etats-Unis, Canada, République Argentine), concernant la matière, termine ce consciencieux et remarquable ouvrage dont le fond et la forme sont d'une tenue irréprochable.

Nous ne saurions donc faire trop d'éloges de cet excellent livre que tout chimiste voudra posséder en sa bibliothèque et qui lui épargnera maintes recherches

sur des points épars et souvent difficiles à coordonner. Il sera certainement, pour lui, un guide technique et administratif de tout repos quand il aura à s'occuper de la question, parfois si délicate, des aliments sucrés.

G. Denigès,
Professeur à la Faculté de Médecine de Bordeaux.

3° Sciences naturelles

Osborn (Henri Fairfield), *Paléontologiste du Service géologique des Etats-Unis.* — **Equidæ of the Oligocene, Miocene and Pliocene of North America. Iconographic Type Revision.** — 1 *vol. in-4° de* 217 *p. avec* 173 *fig. et* 54 *pl. American Museum of natural History, New-York,* 1917.

Une superbe publication vient d'être consacrée aux Equidés de l'Oligocène, du Miocène et du Pliocène de l'Amérique du Nord par H. F. Osborn : elle a été sommairement indiquée dans la Revue de Paléontologie publiée dans le numéro du 30 juillet 1920 (p. 496-497).

Après une introduction où l'auteur décrit, en s'appuyant sur de nombreuses et très parlantes figures, la morphologie des dents des Equidés, vient un aperçu stratigraphique, où sont précisés les parallélismes des diverses formations continentales oligocènes et miocènes de l'Amérique boréale et de l'Europe : de nombreuses cartes et coupes permettent de saisir d'emblée les données chronologiques fournies par les Equidés, et de situer exactement leurs gisements fossiles dans le temps et dans l'espace. Ce chapitre, de près de 30 pages, sera consulté avec le plus grand intérêt par tous les géologues : il constitue une véritable mise au point de la question de l'âge des dépôts du Tertiaire moyen et récent du Nord du Nouveau Continent, mise au point qui peut être considérée comme définitive, étant donnée la très grande autorité de l'auteur sur ces questions.

La partie principale de l'ouvrage est une revision systématique des genres et des espèces. Elle comprend une iconographie remarquable à tous points de vue.

Le genre *Mesohippus* est représenté par 18 espèces oligocènes (Sannoisien, Stampien). Le genre *Miohippus* compte 17 espèces, toutes de l'Aquitanien. Le genre *Kalobatippus* ne comprend que 3 espèces, rencontrées dans les couches de passage de l'Aquitanien au Burdigalien. Au genre *Parahippus*, H. F. Osborn rattache 18 espèces ou sous-espèces miocènes, réparties en 3 phylums qui se poursuivent parallèlement, du Burdigalien au Pontien. Au genre *Merichippus* sont attribuées 26 espèces ou sous-espèces toutes miocènes. Le genre *Protohippus*, dont les 12 espèces ou sous-espèces peuvent se répartir en 3 groupes, est localisé au niveau du Pontien d'Europe. Le genre *Pliohippus* est représenté par 17 espèces qui constituent 4 groupes, les 2 premiers pontiens, le troisième pontien et plaisancien, le quatrième seulement plaisancien. Le genre *Hipparion* compte, en Amérique, 26 espèces ou variétés, qui peuvent être groupées en 4 phylums, dont l'un, correspondant à *Neohipparion* Gidley, débute au Pontien et se continue au Pliocène. Un autre, qui est localisé en Floride et dans la Caroline du Sud, commence également au Pontien (*H. ungenum* Ledy) et se poursuit au Pliocène (*H. venustum* Leidy). Il est précisément apparenté aux formes européennes, *H. gracile*, *H. prostylum*. Tandis que *Neohipparion* et un groupe américain voisin ont la protocone allongée, le groupe américain-européen, africain et asiatique a la protocone ronde ou ovale, comme le quatrième groupe américain. *Archæohippus* n'offre que 2 espèces du Miocène moyen, dont l'une, *A. Mournigni* Merriam, était précédemment rattachée à *Parahippus*.

Ainsi, les Equidés américains, déjà bien représentés dans l'Oligocène par *Mesohippus* (18 espèces), et dans l'Aquitanien par *Miohippus* (17 espèces), deviennent beaucoup plus nombreux au Burdigalien et au Vindobonien avec *Parahippus* (18 espèces) et *Merychippus* (26 espèces). Mais c'est au Pontien que s'observe leur maximum, avec *Protohippus* (12 espèces), puis *Pliohippus* (17 espèces) et *Hipparion* (26 espèces). Dès le Pliocène, ils paraissent être en pleine décroissance.

L. Joleaud,
Maître de conférences de Paléontologie à la Faculté des Sciences de Paris.

4° Sciences médicales

Leredde (E.). — **Domaine, traitement, prophylaxie de la Syphilis.** 2e *édition*, revue et augmentée. — 1 *vol. in-8° de* 504 *p. avec* 30 *fig.* (*Prix* : 32 *fr.*). *A. Maloine et fils, éditeurs,* 27, *rue de l'Ecole de Médecine, Paris,* 1921.

Le Dr Leredde vient de faire paraître la deuxième édition de son ouvrage. Cette nouvelle édition comprend quelques additions au précédent volume, concernant les procédés de laboratoire, la réaction de Wasserman, les rapports de la syphilis avec différentes affections de la peau : épidermolyse bulleuse, vitiligo, hématodermies. D'autres chapitres ont été considérablement augmentés, notamment les chapitres sur le diagnostic initial, la syphilis obscure, la syphilis ignorée, les manifestations héréditaires, nerveuses et cardiaques.

A propos du chancre syphilitique, l'auteur lui dénie tout caractère propre ; le laboratoire est le seul juge de la lésion : « Un chancre syphilitique, dit le Dr Leredde, est purement et simplement une lésion génitale ou extragénitale dans laquelle on trouve le spirochète. »

Les chapitres sur la syphilis : héréditaire, obscure, ignorée, ont surtout pour but de mettre en évidence les avantages qu'on peut tirer, dans tous les cas mal définis, à étiologie confuse, du traitement d'épreuve : l'auteur cite toute une série d'observations probantes de sa manière de voir, notamment dans certains cas de neurasthénie, de pseudo-tuberculoses, de cancers, et surtout d'épilepsie, maladie qui serait le plus souvent d'origine hérédo-syphilitique. Sans vouloir être absolutiste, il est évident que le traitement d'épreuve paraît une chose intéressante à tenter dans beaucoup de cas, puisque sans inconvénient il peut parfois donner des résultats surprenants.

Le Dr Leredde signale comme très fréquentes les atteintes du cœur dans la syphilis et il donne comme signe de début les troubles du pouls et notamment l'arythmie matinale ; la syphilis cardiaque est traitée par le Dr Leredde suivant la méthode qu'il emploie dans la syphilis nerveuse : injections répétées, à dose croissante, de novarsénobenzol sans dépasser 0,60 cgr. et en laissant des intervalles d'un maximum de trois semaines entre chaque série d'injections.

Le Dr Leredde s'en tient d'ailleurs uniquement comme traitement au novarsénobenzol, qu'il croit être aussi actif que l'arsénobenzol et dépourvu de dangers quand il est bien manié. L'auteur dit avoir remarqué que fort souvent les malades qui présentaient des phénomènes d'intolérance avaient des stigmates d'hérédo-syphilis, et que cette superinfection pourrait être la cause des troubles dans l'absorption du médicament.

Dans la dernière partie de son ouvrage, l'auteur s'est longuement étendu sur un sujet qui lui tient particulièrement à cœur : l'organisation des dispensaires antisyphilitiques ; c'est là une œuvre éminemment sociale et, quelle que soit la façon dont on comprenne l'installation de ces dispensaires, c'est faire œuvre méritoire d'insister à nouveau sur leur utilité si l'on veut, autrement qu'en paroles, combattre la dissémination du tréponème.

Dr Galliot.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS
Séance du 26 Octobre 1920

1° Sciences mathématiques. — M. **A. Buhl** : *Sur les symétries du champ gravifique, et l'extension lorentzienne du principe d'Hamilton.* L'auteur considère une forme L, généralisation de la forme quadratique adjointe qui, dans la Mécanique classique, s'introduit quand on veut passer des équations de Lagrange, ou du principe d'Hamilton, aux équations canoniques. On conçoit alors que la forme L puisse être le point de départ d'une extension du principe d'Hamilton, et l'extension ainsi retrouvée est celle de Lorentz. — M. **E. Jouguet** : *Sur la variation d'entropie dans les ondes de choc des solides élastiques.* La variation d'entropie est du 3e ordre au moins, et, par conséquent, pour les discontinuités faibles, la loi adiabatique dynamique d'Hugoniot est très voisine de la loi adiabatique ordinaire. — MM. **C. Camichel, D. Eydoux** et **A. Foch** : *Sur la transmission de l'énergie par les vibrations de liquides dans les conduites.* Les auteurs ont abordé par la méthode générale des coups de bélier d'Allievi l'étude de la transmission de l'énergie au moyen d'ondes vibratoires envoyées dans une conduite pleine de liquide par un piston animé d'un mouvement alternatif. Dans une conduite simple munie d'un piston à chaque bout, c'est toujours un régime d'harmoniques pairs qui s'établit, et celui-ci n'est pas utilisable pratiquement. Dans une conduite munie d'un réservoir d'eau à son extrémité génératrice, les périodes dangereuses ne correspondent plus à la période des mouvements qui tendent à s'établir. Pour transmettre des puissances appréciables par ce procédé, il faut avoir des pressions initiales considérables.

2° Sciences physiques. — MM. **A. Danjon** et **G. Rougier** : *Le spectre et la théorie du rayon vert.* Les auteurs ont photographié le spectre du rayon vert au moment du coucher du Soleil. Les résultats sont nettement en faveur de la théorie de la dispersion normale : le spectre du rayon vert ne diffère de celui du Soleil que par la suppression du rouge, séparé par la dispersion atmosphérique ; inversement, la frange du bord inférieur ne comprend que le rouge extrême, pour la même raison. Il est impossible de déceler l'intervention de la dispersion anormale, bien que les raies telluriques soient nombreuses et nettes sur les clichés ; l'aspect de ces raies est identiquement le même sur le spectre du rayon vert et sur le spectre de comparaison. — M. **P. Dejean** : *Le point Ar_3 des aciers et la martensite.* L'auteur montre que les points bas de transformation des aciers au manganèse qu'il a dénommés points B, et qui sont la caractéristique des aciers martensitiques, ne seraient autres que des points Ar_3 abaissés (par suite de l'introduction de constituants divers : C, Ni, Mn, etc.) au-dessous du point Ar_1 correspondant. — M. **Barlot** : *Combinaison des dérivés halogénés du plomb et du thallium.* L'étude de la conductibilité électrique des solutions aqueuses centinormales de TlCl et de $PbCl^2$, $PbBr^2$ et PbI^2 a démontré l'existence des combinaisons $TlCl.PbCl^2$, $TlCl.PbBr^2$ et $TlCl.PbI^2$, qui ont pu être préparées par l'auteur à l'état cristallisé. — M. **M. Godchot** : *Sur la dégradation méthodique des acides saturés bibasiques à poids moléculaire élevé.* Les éthers éthyliques des acides subérique, azélaïque et sébacique, traités par C^6H^5MgBr, fournissent les alcools bitertiaires correspondants, qui sont déshydratés par l'acide acétique bouillant avec formation de carbures non saturés. L'oxydation de ces derniers par le permanganate donne de la benzophénone et l'acide bibasique saturé possédant 2 atomes de carbone de moins que l'acide bibasique mis en œuvre initialement. — M. **A. Damiens** : *Sur le dosage des traces de brome dans les matières organiques.* L'auteur adopte la méthode de MM. Denigès et Chelle modifiée par Lebeau. Le dosage du brome par ce réactif est faussé par la présence d'iodures, mais seulement s'il entre en jeu plus de 0,5 mgr. d'iode combiné et à la température de 16°. En dessous de cette proportion, l'iode, libéré d'abord, est oxydé complètement au cours de la recherche à l'état d'acide iodique, et il ne gêne pas. La technique générale a été conçue en conséquence. — M. **G. Denigès** : *Réaction de coloration extrêmement sensible des phosphates et des arséniates. Ses applications.* Lorsque, à 5 cm³ d'eau, on ajoute quelques gouttes d'une solution à 10 % de molybdate d'ammonium et, après mélange, quelques gouttes d'une solution de $SnCl^2$ à 1 %, on obtient une coloration bleue formée par l'oxyde salin de Mo. Quand le mélange d'eau et de molybdate est acidulé par HCl ou H^2SO^4, la formation du bleu, pour la même dose de réducteur, est de moins en moins marquée et s'arrête même à partir d'un certain degré d'acidité ; mais si ce mélange, quoique acidulé au delà de cette limite, est additionné d'un phosphate ou d'un arséniate dissous, une teinte bleue stable se produit dès qu'on fait intervenir le réducteur. Cette réaction, extrêmement sensible, permet de déceler 0,02 mgr. de P dans 5 cm³ de solution. — M. **Marion** : *Action de l'eau oxygénée sur les farines.* Pour rechercher la catalase dans le lait, on détermine le volume d'O dégagé d'une certaine quantité d'H^2O^2 mise en contact avec lui. La même réaction s'applique aux farines, et la recherche de la catalase par ce procédé permet de déterminer rapidement leur degré de pureté.

3° Sciences naturelles. — MM. **P. Termier** et **W. Kilian** : *Sur la signification tectonique des lambeaux de micaschistes, de roches cristallines diverses et de roches vertes qui affleurent çà et là, près de Briançon, au sein ou à la surface des terrains à faciès briançonnais.* D'après les recherches des auteurs, les îlots en question seraient les débris, épars sur le pays briançonnais, d'un système de nappes ou d'écailles, affecté de larges ondulations et de plis brusques. Il y aurait d'abord une nappe de schistes lustrés, traînant sous elle des lambeaux de poussée ; il y aurait aussi une nappe plus haute, d'origine plus orientale, à laquelle appartiendrait la quatrième écaille. Tous les îlots se partageraient entre ces deux nappes ou seraient des lambeaux de poussée ; aucun ne serait réellement incorporé au pays briançonnais, qui formerait une nappe plus profonde, la nappe du Grand-Saint-Bernard, d'Emile Argand. — M. **P. Bonnet** : *Sur la structure de l'isthme caucasique et ses relations avec les gisements de pétrole.* La partie centrale de l'isthme caucasique est formée par une puissante arête de rebroussement volcanisée, de direction N-S, et c'est précisément là que se groupent les faciès néritiques et les formations anciennes. De cette arête principale partent deux séries d'arcs festonnés aboutissant de part et d'autre, après un rebroussement secondaire, à deux nouvelles arêtes dirigées également à peu près N-S et qui bordent l'isthme caucasique à l'E et à l'W. Il y a donc trois lignes principales de rebroussement, et c'est au voisinage de ces trois zones faibles que s'alignent les trois principaux groupes de manifestations pétrolifères : Maïkop-Touapsé-Trébizonde, Groznyi-Kakhétie, Bakou-Recht. — M. **S. Stefanescu** : *Sur la phylogénie de l'*Elephas meridionalis. De l'étude des molaires, l'auteur conclut que l'*Elephas meridionalis* est un éléphant bunolophodonte caractérisé par des lames à tubercules congénères alternes, et que ses ancêtres sont issus directement du groupe des Mastodontes bunolophodontes à collines formées de tubercules congénères alternes, tels que les

Mastodon arvernensis, sivalensis, longirostris. — M. R. **Wurmser** : *L'action des radiations de différentes longueurs d'onde sur l'assimilation chlorophyllienne.* L'auteur montre l'existence de deux maxima de l'assimilation chez les Algues vertes exposées à la lumière du jour, dans le rouge et dans le bleu. A énergie absorbée égale, les radiations bleues sont plus actives que les rouges. Le rendement est le plus élevé dans la région de moindre absorption (vert). Chez les Algues rouges, l'assimilation est maximum dans le rouge, minimum dans le bleu. — M. P. **Wintrebert** : *Les fonctions embryonnaires des appareils de relation chez les Vertébrés anamniotes.* Les fonctions embryonnaires signalées par l'auteur chez les Vertébrés inférieurs possèdent un certain nombre de caractères communs. Elles sont transitoires. Elles se manifestent à une période définie de l'ontogénèse et caractérisent un stade du développement. Leur existence ne peut être considérée comme un rappel ancestral; elles se rapportent plutôt à des causes actuelles. Elles agissent en favorisant la nutrition. Leur disparition résulte d'une véritable métamorphose. — MM. Ch. **Dufraisse** et J. Ch. **Bongrand** : *La mesure du pouvoir lacrymogène des substances irritantes par la méthode du seuil.* La méthode de mesure consiste à comparer l'activité d'une substance avec celle d'une autre substance considérée comme étalon, en se plaçant aux environs du seuil de l'excitation. Voici les résultats obtenus : iodure de benzyle, 2; bromacétone, 1,8; bromure de benzyle, 1; oxyde de méthyle dibromé symétrique, 1/4; chloropicrine, 1/6; chloracétone, 1/8; acroléine, 1/10. — MM. Ch. **Nicolle** et E. **Conseil** : *Vaccination préventive de l'homme contre la fièvre méditerranéenne.* Les expériences des auteurs prouvent qu'il est aisé de vacciner préventivement l'homme contre la fièvre méditerranéenne par l'inoculation sous-cutanée de cultures mortes de *M. Melitensis.* D'où l'indication pratique d'employer désormais ce moyen si simple à la protection du personnel des laboratoires contre les contaminations. L'absence de propriétés agglutinantes dans le sang des vaccinés après l'inoculation d'épreuve, alors que cette inoculation, virulente pour le témoin, détermine chez lui l'apparition d'un pouvoir agglutinant antérieur à l'éclosion de la maladie, prouve une fois de plus que la séro-réaction agglutinante est un signe d'infection et non d'immunisation.

Séance du 2 Novembre 1920

1° Sciences mathématiques. — M. M. de **Sparre** : *Sur le coup de bélier dans les conduites forcées alimentant des turbines à forte réaction.* L'auteur montre qu'en appliquant sans discernement la formule habituelle du coup de bélier maximum aux conduites alimentant des turbines à forte réaction, on s'exposerait à de graves mécomptes, car on peut trouver des valeurs de 60 % trop faibles. Il faut donc tenir compte de l'influence du degré de réaction dans les calculs du coup de bélier. — MM. A. **Claude** et L. **Driencourt** : *L'astrolabe à prisme type S. O. M.* Les auteurs présentent un nouveau type d'astrolabe à prisme du modèle géodésique, où la plupart des défauts reprochés à leur premier type ont été supprimés. L'instrument est d'une seule pièce; sa hauteur ne dépasse pas la moitié de celle du type précédent. Il comporte un seul axe vertical, par suite un seul niveau sphérique qui est indéréglable. Le nombre des réglages est réduit au minimum. La lunette est supérieure comme champ, grossissement et clarté.

2° Sciences physiques. — M. J. **Rouch** : *Sur la variation diurne de la température dans l'Antarctique.* En automne, à l'île Petermann, le maximum de température principal a lieu vers 13 h. et le maximum secondaire vers 2 h. du matin; les deux minima ont lieu vers 7 h. et 22 h. En hiver, c'est la nuit, vers 1 h. du matin, qu'a lieu le maximum principal; le maximum de la journée est très peu marqué vers 13 h. Les deux minima ont lieu vers 10 h. et 20 h. En hiver, il fait moins froid pendant la nuit que pendant le jour : la hausse nocturne de température dépasse, en moyenne, 1° et elle atteint parfois 4°. — M. **Holweck** : *Recherches expérimentales sur les rayons X de grande longueur d'onde.* Les rayons sont produits par choc sur une anode des électrons émis par une cathode incandescente. On peut déjà déceler un rayonnement ionisant pour 70 volts de différence de potentiel entre anode et cathode; la longueur d'onde minimum du spectre du rayonnement ainsi produit est de 175.10^{-8} cm., soit 6 fois plus courte que l'ultra-violet de Schumann. Le coefficient d'absorption, dans différents gaz, des rayons X mous est donné par la relation $I^x = I_\infty (1 - e^{-\mu x})$, où I_∞ est la valeur du courant d'ionisation correspondant à l'absorption totale du rayonnement; le coefficient μ varie généralement peu avec l'épaisseur de gaz traversé. — M. J. **Cabannes** : *Mesure de l'intensité lumineuse diffusée par l'argon. Nouvelle détermination de la constante d'Avogadro.* L'auteur a déterminé le rapport R entre l'intensité diffusée latéralement par 1 cm^3 d'argon et l'éclairement d'un plan normal au faisceau lumineux incident. Il a trouvé $R = (1,34 \pm 0,05) \times 10^{-8}\ cm^{-1}$. La polarisation de la lumière diffusée latéralement par l'argon est à peu près complète. En supposant que l'argon est constitué par des molécules isotropes, et en leur appliquant la théorie de Lord Rayleigh, on arrive pour le nombre d'Avogadro à la valeur $(6,90 \pm 0,25) \times 10^{23}$. — MM. **Chauvenet**, P. **Job** et G. **Urbain** : *Analyse thermochimique des solutions.* Des solutions équimoléculaires de divers sels sont mélangées deux à deux dans divers rapports, mais en maintenant constant le volume total. La chaleur de mélange est mesurée en tenant compte des chaleurs spécifiques des solutions. On applique de la sorte aux mesures thermochimiques la méthode des variations continues. Les courbes présentent tantôt des maxima et tantôt des minima, suivant que les chaleurs de mélange sont positives et négatives. La position de ces points privilégiés correspond aux rapports suivant lesquels les deux réactifs sont susceptibles de réagir. — M. P. **Loisel** : *Sur les variations de la radio-activité des sources de Bagnoles-de-l'Orne et leur relation avec la pluie.* Il existe une relation étroite entre la teneur en émanation des sources de Bagnoles et la quantité de pluie tombée. Après un parcours souterrain de plus ou moins longue durée, au cours duquel elle se charge d'émanation au contact de terrains radifères, l'eau de pluie réapparaît à la surface mélangée ou non à des eaux d'origine plutonienne. Dans le premier cas (Grande Source), par suite de la dilution, les maxima sont peu accentués; dans le second, au contraire (Fées), l'écart entre les valeurs minima et maxima est considérable. — M. M. **Chopin** : *Indicateur automatique de la teneur en humidité dans les céréales.* On fait passer un courant de blé à débit constant dans une chambre dont les parois sont maintenues, par une résistance électrique, à une température constante, assez élevée pour déterminer la dessiccation presque complète du blé. La vapeur formée est recueillie dans un condenseur, et l'eau formée tombe dans des éprouvettes graduées directement en pour cent d'humidité.

3° Sciences naturelles. — M. J. de **Lapparent** : *Cristaux de feldspath et de quartz dans les calcaires du Trias moyen d'Alsace et de Lorraine.* L'auteur a trouvé en abondance dans les roches du Muschelkalk supérieur de très petits cristaux de quartz et de feldspath. Ceux-ci ont pris naissance avant la consolidation des matériaux de la roche; ils paraissent être assimilables aux gaines, formées de matériaux d'origine minérale, qui se constituent autour de certains organismes inférieurs, et il est probable que l'organisme ayant fixé ces cristaux était une algue. — M. **Aug. Lumière** : *Le réveil de la terre arable.* L'auteur attribue le réveil de la terre arable à la fin de l'hiver à la dilution ou à l'entraînement par les pluies de produits toxiques du sol qui empêchent la germination des graines. Le lavage répété à l'eau distillée d'un échantillon de terreau en novembre a été immédiatement suivi de l'apparition des petites herbes

qui se développent habituellement au printemps. Les produits du lavage, employés comme liquide d'arrosage dans d'autres terrains, s'opposent d'une façon absolue à toute germination, quels que soient la saison ou le terrain. — MM. G. Ciamician et C. Ravenna : *Sur la signification biologique des alcaloïdes dans les plantes.* Les expériences des auteurs tendent à montrer que les plantes, bien loin d'éliminer les substances, tels les alcaloïdes, qui pourraient être des produits résiduaires de leur métabolisme, les modifient en les rendant plus résistantes (par la substitution de radicaux alcooliques ou acides à l'hydrogène). Ce fait semblerait étrange si les alcaloïdes ne représentaient que des produits inutiles. Ils doivent, au contraire, être destinés à des fonctions déterminées, que les auteurs croient être celles d'hormones végétales. — M. F. Vincens : *Sur les formations ligneuses anormales dans l'écorce de l'*Hevea brasiliensis. Des formations ligneuses anormales, lames et cordons, peuvent se produire, indépendamment de toute infection par le *Phytophthora Faberi*. Les cordons ligneux et les lames qui en dérivent se forment autour de laticifères à contenu altéré et s'étendent peu à peu autour des laticifères voisins. — M. J. Dufrénoy : *Sur des tumeurs bactériennes expérimentales de l'Epicea.* L'auteur a trouvé dans la forêt de Barèges, vers 1.500-1.700 m., des groupes de jeunes *Picea excelsa* montrant des chancres ou des tumeurs en chapelet. L'abondance des cellules à prismes d'oxalate est caractéristique des tissus chancrés. Les chancres sont inoculables. On y trouve des bactéries caractéristiques, mais celles-ci se cultivent difficilement.

ACADEMIE DE MÉDECINE

Séance du 19 *Octobre* 1919

M. le Président annonce le décès de M. J. Crespin, correspondant national.

M. Vidal (d'Hyères) : *Les résultats d'un essai cantonal de puériculture, concernant les enfants du premier âge.* L'auteur a organisé à Hyères un essai cantonal de puériculture, consistant dans la fondation d'une petite maternité à l'hôpital cantonal, où sont admises toutes les femmes enceintes, assistées ou indigènes, quelques jours avant l'accouchement, avec la possibilité d'y rester 4 semaines après leur délivrance, et d'une consultation pour mères nourrices et leurs enfants de 0 à 2 ans. Cet essai a donné en 12 ans les résultats suivants : 1° Pour la maternité, sur 245 accouchements, aucun décès ni parmi les nouveau-nés, ni parmi les mères. 2° Pour la consultation de nourrissons, malgré la difficulté d'établir des statistiques précises, les décès d'enfants de 1 jour à 1 an qui suivent la consultation sont très rares, et bien inférieurs à la mortalité générale des enfants de cet âge du canton. — M. J. W. Howard : *Nouveau procédé de préparation des sérums thérapeutiques. Sérum antityphique.* La méthode proposée par l'auteur se base sur les principes suivants : 1° préparer l'animal producteur du sérum avec la quantité nécessaire et suffisamment active de sérum immunisant pour que l'animal n'accuse aucune manifestation morbide ni réaction importante ; 2° abréger le plus possible la durée de la préparation des animaux ; 3° obtenir au fur et à mesure de l'inoculation que les bactéries soient lysées ; 4° éviter la sursaturation microbienne et toxique de chaque animal producteur de sérum, en employant uniquement la voie intraveineuse, limitant les injections de cultures vivantes et injectant du sérum frais d'animaux d'une autre espèce. Le sérum antityphique obtenu d'après cette méthode fait cesser la fièvre, améliore l'évolution générale, abrège la convalescence et diminue les complications.

Séance du 26 *Octobre* 1920

M. G. Patein : *Sur les rapports entre les cancers et les tourbières.* A une question posée par le Président de la Commission extraparlementaire de la tourbe sur les rapports possibles entre les tourbières et les cancers, on peut répondre ceci : Certains sous-produits retirés de la houille, tels que le brai et les goudrons, possèdent des propriétés irritatives et contiennent des principes toxiques capables de provoquer, chez les ouvriers qui les manipulent, des lésions cutanées. Celles-ci pourront être le point de départ d'affections carcinomateuses, mais ces accidents ne s'observent pas chez les mineurs qui se livrent exclusivement à l'extraction du charbon. La tourbe ne sert pas à l'obtention de dérivés tels que ceux qu'on retire de la houille. L'observation clinique ne démontre pas, jusqu'ici, qu'elle soit par elle-même capable de provoquer des affections carcinomateuses et que sa simple extraction, fût-elle même intensifiée par l'ouverture de nouvelles tourbières, sera suivie d'une recrudescence des néoplasmes. — M. J.W. Howard et S. Raño : *Nouveau procédé de préparation de sérums thérapeutiques. Sérum antituberculeux.* Les auteurs ont préparé un sérum antituberculeux suivant la méthode exposée plus haut pour le sérum antityphique, en injectant toutefois une plus grande quantité de sérum immunisant préalablement à l'inoculation de toxines et bacilles. Le sérum ainsi préparé est doué, entre autres, de propriétés agglutinantes *in vitro* et *in vivo*. Ce sérum, en injections intrarachidiennes, a produit la guérison dans trois cas de méningite tuberculeuse infantile. Il est expérimenté actuellement sur des tuberculeux.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 23 *Octobre* 1920

M. L. Bertin : *Les grenouilles peuvent-elles s'adapter à l'eau saumâtre ?* L'auteur a étudié des grenouilles capturées dans un polder des environs de Roscoff. Le sang des grenouilles capturées en eau saumâtre est plus concentré que celui des grenouilles de même espèce vivant en eau douce. Cela indique peut-être un commencement d'adaptation à l'eau saumâtre. La concentration du sang reste pourtant inférieure à celle de l'eau saumâtre, de telle sorte que les grenouilles du polder sont en milieu hypertonique au lieu d'être en milieu hypotonique comme celles d'eau douce C'est peut-être la cause de leur répugnance à séjourner dans l'eau du polder et de la rapidité de leur mort si on les y maintient de force. — MM. E. Hédon et G. Giraud : *Relation entre le pancréas et les capsules surrénales au point de vue du diabète.* L'extirpation des capsules surrénales destitue la pancréatectomie de son effet hyperglycémique habituel. Il y a donc une relation fonctionnelle entre le pancréas et les glandes surrénales pour le métabolisme du sucre. — M. B. Fried : *Sérodiagnostic de la tuberculose au moyen de l'antigène de Besredka.* La séroréaction au moyen de l'antigène de Besredka constitue une des méthodes les plus sûres de diagnostic précoce de la tuberculose. La réaction de fixation positive permet, sauf de rares exceptions, de conclure à la présence de tuberculose. La même réaction négative n'exclut pas, d'une façon formelle, le diagnostic de tuberculose. La réaction de fixation négative chez les tuberculeux avancés est d'un pronostic sombre. En raison de son apparition précoce, la réaction en question est appelée à rendre service comme moyen de dépistage de la tuberculose familiale. — M. F. d'Hérelle : *Sur la nature du principe bactériophage.* Sous l'influence du principe bactériophage, la lyse des bactéries s'obtient en série *in vitro*. Pour expliquer ce fait, deux hypothèses sont possibles : 1° Le principe bactériophage ne se multiplie pas *in vitro* ; il doit donc nécessairement provenir de la bactérie lysée elle-même. D'après M. Kabeshima, la prodiastase contenue dans le corps de la bactérie pathogène est suractivée par un catalyseur provenant de l'organisme même du convalescent ; 2° Le principe bactériophage se multiplie *in vitro* ; c'est donc nécessairement un être autonome, se reproduisant aux dépens de la substance des bactéries qu'il dissout. M. J. Bablet a soumis cette question à des expériences rigoureuses. Il en résulte que le principe bactériophage, qui se cultive en série aux dépens de bacilles vivants (en l'espèce bacilles de Shiga), ne se déve-

loppe pas en milieu stérile (bouillon), ni en présence d'antiseptiques (chloroforme, fluorure de sodium), et perd son activité dans la glycérine ; il ne saurait donc être assimilé à une diastase. Les conditions de développement qu'il réclame, son mode d'action bien spécial, sa fragilité portent à croire qu'il s'agit d'un être vivant, exerçant, vis-à-vis de microbes déterminés et dans des conditions bien définies, une action vitale et non une action chimique. M. **J. Dumas** a reconnu que le principe bactériophage n'existe pas seulement chez les convalescents de dysenterie comme l'avait pensé tout d'abord d'Hérelle ; on le rencontre aussi dans l'intestin d'individus sains, dans la terre et dans l'eau.

Séance du 30 *Octobre* 1920

MM. **A. Lipschutz** et **B. Ottow** : *Sur les conséquences de la castration partielle.* De leurs expériences sur l'enlèvement partiel des testicules chez les Mammifères, les auteurs concluent : 1° Un reste très petit (environ 1/16 en poids) du testicule normal peut fournir à l'organisme la quantité de sécrétion interne nécessaire au développement normal des caractères sexuels. 2° Mais une diminution de la quantité de sécrétion interne, pendant la période du développement de l'organisme, peut aboutir à un ralentissement dans le développement des caractères sexuels. 3° Si on laisse dans l'organisme une partie seulement d'un testicule, il n'y a pas d'hypertrophie dans le sens d'une augmentation de poids du reste du testicule. 4° Il est très probable que le tissu germinatif dans un testicule sectionné est en état de dégénérescence. 5° Il est aussi très probable que le tissu interstitiel dans un testicule sectionné est en état d'hypertrophie, ce qui expliquerait la persistance de la sécrétion interne en quantité suffisante. — M. **A. Gauducheau** : *Sur un procédé biologique pour empêcher certaines putréfactions.* Pour empêcher la put éfaction du sang, l'auteur, après centrifugation, ajoute à la partie qui contient les globules d'abord du sel marin et de l'hydrolysat chlorhydrique d'amidon, puis une culture pure de levure alcoolique. Quand la fermentation est en marche, on institue la condition anaérobique en couvrant d'huile ou autrement. Après un mois de séjour à la température de l'été, le sang est resté liquide, coagulable. L'accroissement du poids du corps de rats nourris avec ce sang a été environ double de celui des témoins. — M. **J. Blanc** et **E. Pozerski** : *Sur les ferments protéolytiques de quelques anaérobies pathogènes. Etude du* B. histolyticus. Le *B. histolyticus* possède un pouvoir protéolytique comparable à celui du *B. sporogenes* qui est considéré comme le plus protéolytique des anaérobies. Sur les albumines coagulées, le premier paraît agir moins bien que le second. Le muscle cru, qui n'est pas attaqué par le *B. sporogenes*, se trouve, au contraire, dissous rapidement par le *B. histolyticus* et par son filtrat. Ce dernier phénomène, que l'on ne peut comparer qu'aux digestions papaïniques, pourrait à lui seul expliquer l'action du microbe *in vivo*, c'est-à-dire la fonte musculaire que l'on observe dans les cas de gangrène gazeuse. — M. **R. Thieulin** : *Sur la diffusion du chlorure de sodium au travers des membranes au collodion.* Les membranes contenant à une dose suffisante une graisse (huile de ricin) ou un lipoïde (lécithine ou cholestérine) ne laissent pas diffuser le chlorure de sodium. — M. **J. Jacobson** : *Action de l'alcool benzylique dans la tuberculose expérimentale et sur les globules rouges du sang.* Les bacilles tuberculeux qui, même tués par la chaleur à 120°, provoquent des abcès froids perdent ce pouvoir une fois qu'ils ont été mélangés avec de l'alcool benzylique. L'alcool benzylique rend plus vive la teinte des globules sanguins mis dans l'eau distillée. L'auteur pense que ce corps agit par oxydation. — M. **H. Roger** : *Sur le pouvoir réducteur des tissus ; influence de la température.* Le pouvoir réducteur des tissus chauffés augmente avec la température ; très peu marqué à 35°, il est excessivement intense à 100°. La persistance du pouvoir réducteur après chauffage à 100° permet d'affirmer que les tissus exercent une action chimique.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 29 *Mai* 1920

1° Sciences physiques. — MM. H. A. Lorentz et W. H. Julius présentent un travail de MM. **L. S. Ornstein** et **H. C. Burger** : *Réaction photochimique et rayonnement.* Indication d'un modèle d'équilibre photochimique montrant que le rayonnement existant à côté de la matière satisfait, dans l'état d'équilibre, à la loi de Planck. — MM. H. A. Lorentz et F. A. H. Schreinemakers présentent un travail de M. **J. J. van Laar** : *Les grandeurs critiques du mercure dans leur rapport avec l'accroissement de l'attraction moléculaire par dissociation des molécules doubles.* I. La haute valeur de la température critique du mercure indique une dissociation partielle de molécules diatomiques en atomes. Cette circonstance a poussé l'auteur à reprendre sa théorie des constantes critiques dans le cas d'association. — MM. **W. H. Julius** et **P. H. van Cittert** : *La théorie générale de la relativité et le spectre solaire.* En discutant les données relatives aux déplacements des raies solaires, les auteurs sont conduits à la conclusion qu'un déplacement résultant de la gravitation semble être contredit par les observations actuelles. — MM. H. Kamerlingh Onnes et J. P. Kuenen présentent une note de MM. **G. Holst** et **E. Oosterhuis** : *Sur les bandes attribuées au cyanogène.* D'après les expériences des auteurs, il est probable qu'elles doivent effectivement être attribuées à cette substance. — MM. H. Kamerlingh Onnes et J. P. Kuenen présentent un travail de MM. **N. H. Kolkmeyer, J. M. Bijvoet** et **A. Karssen** : *Examen par les rayons de Rœntgen de la structure des cristaux de chlorate et de bromate de sodium.* Les résultats des expériences semblent confirmer l'idée de Bragg, que dans le chlorate de sodium les atomes Na et Cl sont situés à peu près comme dans le chlorure. — MM. W. H. Julius et P. Zeeman présentent un travail de Mlle **R. Riwlin** : *Mesures photographiques d'absorption et d'extinction. Contribution à l'étude des cristaux liquides.* V (*Mesures d'extinction*). Description d'une méthode de mesure photographique de l'extinction. Application à des substances cristallines liquides. Les deux phases cristallines liquides « ex-solide » et « ex-liquide » présentent des extinctions différentes dans le spectre visible comme dans l'infra-rouge. — MM. Ernst Cohen et P. van Romburgh présentent un travail de M. **Nil Ratan Dhar** : *Catalyse.* VII. *Coefficient de température de processus physiologiques.* Les réactions physiologiques sont semblables à des réactions chimiques positivement catalysées, s'effectuant en milieu hétérogène. Leurs coefficients de température, au lieu d'être petits, sont relativement grands. — M. **F. M. Jaeger** : *Sur quelques produits de condensation d'aldéhydes et d'amines aromatiques.* Description cristallographique de ces produits. — MM. **F. M. Jaeger** et **Berger** : *La décomposition photochimique de l'oxalate double de potassium et de cobalt et sa catalyse par des sels.* — MM. **F. M. Jaeger** et **J. H. de Boer** : *Combinaisons colloïdales du soufre et du ruthénium.*

2° Sciences naturelles. — M. **Eug. Dubois** : *L'homme fossile proto-australien de Wadjak, Java.* — MM. C. Ph. Sluiter et Max Weber présentent un travail de MM. **J. E. W. Ihle** et **G. J. van Oordt** : *Sur le développement larvaire d'*Oxyuris equi (*Schrank*). — MM. F. A. F. C. Went et J. W. Moll présentent un travail de M. **Th. Weevers** : *Les plantes calcifuges des dunes intérieures de Gourée.*

J.-E. V.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d' p. et d'Ed., rue de la Bertauche, 1, Sens.

31e ANNÉE N° 23 15 DÉCEMBRE 1920

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences, de l'Académie de Médecine

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Charles Leenhardt (1877-1920). — L'Université de Montpellier vient de faire une perte douloureuse en la personne de M. Charles Leenhardt, maître de conférences de Physique à la Faculté des Sciences.

Reçu premier au concours d'agrégation en 1901, il fut alors nommé préparateur à la Sorbonne, à laquelle il resta attaché pendant quelques années (de 1902 à 1906). C'est dans le laboratoire de M. Lippmann qu'il commença, à cette époque, ses recherches sur la vitesse de cristallisation des sels hydratés, qu'il présenta comme thèse de doctorat ès sciences en 1907. Etudiant la vitesse de cristallisation des solutions sursaturées, il a étendu aux sels hydratés les résultats obtenus par Tammann sur la vitesse de cristallisation des corps organiques. Il a montré que les sels hydratés se comportent dans l'acte de la cristallisation comme des corps physiquement et chimiquement définis, caractérisés par une vitesse de cristallisation maximum variable suivant leur nature. L'expérience montre en effet que lorsqu'on abaisse la température cette vitesse augmente d'abord, atteint un maximum, reste constante pendant un intervalle de 30 à 40°, pour diminuer ensuite rapidement et tendre vers zéro. Cette vitesse diminue lorsqu'on ajoute au sel hydraté un corps quelconque; la diminution est proportionnelle à la racine carrée de la quantité de sel anhydre dissoute dans une même quantité de sel cristallisé, loi que von Pickardt avait obtenue en dissolvant un corps en quantité variable dans un autre corps pur surfondu. Enfin Ch. Leenhardt a pu répéter sur plusieurs hydrates en surfusion les expériences fondamentales de Tammann relatives à la cristallisation spontanée. Cette thèse est des plus intéressantes, tant par l'ingéniosité des méthodes expérimentales mises en œuvre que par le sens critique développé dont l'auteur fait preuve à chaque instant.

Continuant ses recherches de Chimie physique, Ch. Leenhardt avait ensuite entrepris, en collaboration avec M. Boutaric, des études cryoscopiques sur les sels hydratés fondus, utilisés comme solvants (*C. R.*, 1912-1914). Ces auteurs ont pu vérifier notamment que la formule de Vant'Hoff relative à l'abaissement moléculaire s'applique : 1° à l'abaissement du point de congélation des solutions faites dans l'hyposulfite de sodium cristallisé avec 5 molécules d'eau; 2° à l'abaissement du point de transformation du sulfate de sodium cristallisé avec dix molécules d'eau en sulfate de sodium cristallisé avec 7 molécules d'eau, et en sel anhydre.

Ch. Leenhardt laisse des travaux inachevés; il avait entrepris des recherches sur la catalyse à haute température et il se proposait d'étudier la combinaison directe de l'azote et de l'oxygène de l'air pour arriver si possible à la synthèse de l'acide azotique. Les appareils étaient installés, les expériences commencées quand la mort est venue interrompre brusquement un travail qui promettait des résultats intéressants tant au point de vue théorique qu'au point de vue pratique.

Pendant la guerre, Ch. Leenhardt avait mis à la disposition de la Défense nationale les merveilleuses ressources d'un esprit à la fois inventif et pratique; il avait étudié la transformation de la cellulose des sarments de vigne en amidon en les chauffant en vase clos et il avait obtenu la transformation désirée.

Il y avait là, au point de vue des intérêts du Midi viticole, où le sarment de vigne est sans utilisation, un résultat pratique des plus encourageants, capable de devenir une source de richesse nationale en transformant l'amidon à son tour en sucre.

Par la clarté de son enseignement et l'étendue de ses connaissances en Mathématiques, Ch. Leenhardt, dont les travaux étaient déjà plus qu'une promesse, était appelé à devenir un des maîtres de la Chimie physique qu'il affectionnait d'une façon particulière et dans laquelle un brillant avenir lui était réservé.

F. Beaulard de Lenaizan,
Professeur à l'Université de Montpellier.

§ 2. — Astronomie

La distribution des masses dans le système solaire et l'origine des petites planètes. — On a très vite reconnu, en étudiant la distribution des corps du système solaire, que les grandes planètes

forment deux groupes qui diffèrent complètement par les densités et les masses. Cette différenciation est encore soulignée par la présence, entre ces groupes, de l'essaim des petites planètes dont la formation, encore inexpliquée, semble bien montrer qu'il a dû y avoir deux phases principales dans la constitution de notre système.

M. E. Belot, auteur d'une hypothèse cosmogonique connue, attribuant l'origine du système solaire au choc de notre Soleil et d'une nébuleuse, vient de présenter à l'Académie des Sciences quelques suggestions intéressantes relatives aux circonstances qui ont pu accompagner ce phénomène.

Le Soleil, après le choc, est devenu une Nova, qui projetait ses radiations à une certaine température. Il en résultait une pression de radiation, proportionnelle à la quatrième puissance de cette température, qui, agissant sur les matériaux dont se composait la nébuleuse, repoussait les plus légers, tandis que les plus lourds ont continué à être attirés vers le Soleil malgré la répulsion. Ces derniers se sont alors accumulés à l'intérieur d'une surface de discontinuité en forme de paraboloïde, de révolution autour de la trajectoire du Soleil, et ayant son sommet vers l'apex. Les matériaux légers ont été, au contraire, rejetés à l'extérieur de cette surface.

Les quatre premières planètes du système solaire, qui ont pris naissance à l'intérieur de la surface, par agrégation des matériaux lourds, se sont trouvées forcément plus denses que les quatre dernières qui proviennent de l'agglomération à son extérieur des matériaux légers repoussés.

D'autre part, une grande quantité de ces derniers a dû s'arrêter au voisinage de la surface de discontinuité pour former une espèce de gaine, qui, agissant comme résistance de milieu, a provoqué la condensation des planètes.

M. Belot en déduit qu'on ne peut songer à trouver une loi des masses s'appliquant à toutes les planètes des deux groupes. Par contre, pour celles du deuxième groupe, le calcul lui a montré que les masses condensées à une certaine distance du Soleil doivent être inversement proportionnelles au carré de cette distance. La vérification de cette loi est assez satisfaisante.

Enfin M. Belot a émis l'idée que les comètes peuvent avoir leur origine dans certaines des masses de matériaux légers condensées à la surface de discontinuité, qui par la suite sont retombées vers le Soleil dans des directions fortement inclinées sur l'écliptique.

H. G.

§ 3. — Chimie physique

Chaleur d'absorption des vapeurs par le charbon de bois. — MM. Lamb et Coolidge[1] ont mesuré, au moyen d'un calorimètre à glace approprié, la chaleur dégagée, à 0° C., par l'absorption, dans le charbon de bois, d'un certain nombre de vapeurs organiques (tétrachlorure de carbone, éther, chloroforme, formiate d'éthyle, sulfure de carbone, alcool méthylique, chlorure, bromure et iodure d'éthyle, benzène, alcool éthylique).

Les résultats obtenus ont pu être reproduits à volonté et ils sont indépendants des traitements subis, antérieurement aux mesures, par le charbon utilisé.

Les chaleurs d'absorption des diverses vapeurs peuvent être représentées avec précision par la formule

$$q = mx^n,$$

où q désigne la chaleur dégagée par l'absorption de x cm³ de vapeur dans 1 gr. de charbon parfaitement dépouillé de toute trace de gaz; m et n sont des coefficients qui dépendent de la vapeur absorbée.

Le coefficient n est très voisin de l'unité, quoiqu'un peu inférieur, en sorte que la chaleur d'absorption d'un centimètre cube de gaz diminue très légèrement à mesure que la quantité de gaz déjà absorbée augmente. En d'autres termes, les forces d'absorption manifestent une légère fatigue.

Le coefficient m varie peu avec la nature de la vapeur. En général, m et n varient en sens opposé, en sorte que les chaleurs moléculaires d'absorption des divers liquides étudiés ne sont pas très différentes; elles varient de 12.000 cal.-gr. pour le chlorure d'éthyle à 15.500 cal.-gr. pour le tétrachlorure de carbone (ces valeurs sont relatives à l'absorption d'une molécule-gramme de vapeur dans 500 gr. de charbon).

Les auteurs ont calculé la différence entre la chaleur d'absorption, mesurée directement, et la chaleur de vaporisation, différence qu'ils appellent *chaleur nette d'absorption*. Cette chaleur nette d'absorption est du même ordre de grandeur que la chaleur latente de vaporisation et elle prend des valeurs voisines pour les divers liquides étudiés. Voici, par exemple, pour quelques-uns de ces liquides, les chaleurs d'absorption q (relatives à l'absorption de 1 cm³ de liquide dans 10 gr. de charbon), les chaleurs de vaporisation L et les chaleurs nettes d'absorption $q - L$:

	q	L	$q - L$	
C^2H^5Cl	12.330 cal.-gr.	6.220	6.110	
CS^2	12.630	6.830	5.800	
CH^3OH	12.950	9.330	3.620	etc.

Les chaleurs nettes d'absorption sont proportionnelles aux chaleurs de compression des liquides sous haute pression. On peut donc considérer le phénomène de l'absorption des vapeurs comme la résultante de deux autres: 1° liquéfaction des vapeurs; 2° absorption du liquide formé, qui équivaut à une forte compression. La chaleur nette d'absorption (pour 1 cm³ de liquide absorbé dans 10 gr. de charbon) est du même ordre de grandeur que la chaleur dégagée par la compression sous 37.000 atm.

§ 4. — Chimie industrielle

Le dégagement de gaz toxiques dans l'emploi des extincteurs au tétrachlorure de carbone. — Au cours de la construction d'un sous-marin aux chantiers de Portsmouth, aux Etats-Unis, un incendie se déclara qui fut maîtrisé avec des extincteurs au tétrachlorure de carbone; mais les ouvriers présents furent suffoqués par les fumées dégagées et plusieurs moururent le lendemain avec les symptômes usuels de l'empoisonnement par les gaz irritants. Ce fait engagea le Bureau des Mines américain à rechercher la cause exacte de ces décès, attribués immédiatement aux produits de décomposition de CCl^4.

Deux méthodes furent employées[1]: d'une part, on a versé CCl^4 sur des feux ou des métaux portés au rouge dans une chambre close, où les produits gazeux formés, mélangés d'air, étaient retenus et analysés; d'autre part, on a fait passer un mélange de vapeurs de CCl^4 et d'air dans un tube de fer ou de quartz chauffé.

Dans l'air de la chambre, on trouva les gaz toxiques suivants: phosgène, chlore et acide chlorhydrique, ainsi que des vapeurs de CCl^4 qui est un anesthésique dangereux. Les expériences avec les tubes chauffés ont confirmé ces résultats et montré l'existence des réactions suivantes:

$$CCl^4 + H^2O = COCl^2 + 2HCl;$$
$$2\,CCl^4 + O^2 = 2\,COCl^2 + 2\,Cl^2;$$
$$2\,CCl^4 = C^2Cl^4 + 2\,Cl^2;$$
$$CCl^4 + 2\,H^2O = CO^2 + 4\,HCl.$$

Il est donc préférable de ne pas employer les extincteurs au tétrachlorure de carbone dans les incendies en espaces trop confinés, où ceux qui en font usage ne peuvent s'empêcher de respirer les fumées, à moins de les munir préalablement de masques contre les gaz du type de l'armée.

1. Arthur B. Lamb et A. Sprague Coolidge: *Journal of American Chemical Society*, t. XLII, p. 1146; juin 1920.

1. *Journ. of the Franklin Inst.*, t. CXC, p. 544; oct. 1920.

§ 5. — Chimie biologique

La composition chimique du bacille tuberculeux. — La composition chimique du bacille tuberculeux vient d'être l'objet de recherches méthodiques de la part de M. Goris et MM. Goris et Liot, qui ont successivement étudié la nature des substances organiques et minérales du corps bacillaire [1].

C'est en opérant sur des quantités assez considérables de bacille (1.500 gr. de bacilles secs) qu'ils ont pu isoler des corps insoupçonnés de leurs devanciers. Par des épuisements prolongés avec le chloroforme, ils ont tout d'abord isolé ce que l'on est convenu d'appeler la « graisse » ou « cire » du bacille tuberculeux, qui s'y trouve dans la proportion énorme de 40 %. Ce premier traitement a permis d'étudier séparément la matière grasse et les corps bacillaires dégraissés, le bacille ainsi privé de son revêtement étant plus accessible aux traitements par l'eau ou les solutions salines.

Par l'emploi combiné de solvants neutres (éther, chloroforme, acétone), il est possible de scinder la « graisse » ou « cire » en un certain nombre de corps qui peuvent se classer dans quatre groupes très distincts : 1° une substance jusqu'alors inconnue, soluble dans le chloroforme, insoluble dans l'éther, et dénommée *hyalinol* ; 2° deux substances de nature cireuse solubles dans le chloroforme et l'éther, mais se différenciant par leur solubilité dans l'acétone ou l'alcool absolu; l'une est une cire pure, l'autre un mélange de cires; 3° une matière grasse proprement dite; 4° un phosphatide (lécithine?).

La première substance s'obtient à l'état pur en raison de son insolubilité dans l'éther; les autres produits ne sont pas séparés d'une façon absolue; ils renferment toujours de petites portions de corps appartenant aux fractions voisines. Malgré cela, cette séparation approchée permet d'aborder leur étude avec plus de facilité.

L'hyalinol est bien la substance la plus curieuse isolée du bacille tuberculeux. Elle est insoluble dans l'alcool, l'acétone, l'éther, les huiles, soluble seulement dans le xylol et le chloroforme en donnant un liquide de consistance visqueuse. Si on abandonne à l'air une solution chloroformique diluée dans un cristallisoir, on obtient par évaporation spontanée une mince pellicule translucide analogue aux pellicules de collodion ou mieux d'acétate de cellulose. La solution concentrée évaporée donne une substance cornée et blanche. Ce corps se décompose sous l'action de la soude caustique et donne : d'une part de l'acide crotonique mêlé d'un peu d'acide isocrotonique, et d'autre part une substance à odeur rappelant celle du jasmin et que l'on perçoit très nettement dans les laboratoires où le bacille tuberculeux est cultivé en grande quantité.

Les substances cireuses sont constituées par un mélange de divers éthers d'un alcool particulier précédemment découvert par Sakae Tamura, le *mykol*. Cet alcool, éthérifié par l'acide laurique, constitue la partie plus soluble dans l'acétone et dénommée par l'auteur cire pure. Le mélange cireux moins soluble était constitué par des éthers de cet alcool et des acides palmitique et stéarique.

De la matière grasse proprement dite on a pu isoler, après saponification, les acides oléique, palmitique, stéarique et arachidique avec des traces d'acides caproïque et butyrique.

La présence de cholestérine, confirmée ou contestée par divers auteurs, est définitivement tranchée par la négative.

Le bacille tuberculeux est donc un organisme riche en substances lipoïdes les plus diverses et les plus nombreuses. Parmi celles qui communiquent au bacille la propriété si particulière de l'acido-résistance, il faut signaler la part qui revient aux acides gras et surtout celle qui est due à la cire et à l'alcool de cette cire, le mykol. L'hyalinol, les lécithines, les graisses neutres n'interviennent pas dans ces propriétés.

Le bacille privé de son revêtement cireux est, de son côté, épuisé par l'eau, et la macération aqueuse, débarrassée des traces de mucine qu'elle contient, est précipitée par l'alcool. Le précipité recueilli est constitué par une *nucléo-albumine*, qui possède à un degré atténué les propriétés de la tuberculine.

Quant au liquide surnageant le précipité, il renferme une forte proportion d'*acides aminés*.

L'étude des cendres n'a fait que confirmer les analyses de De Schweinitz et Dorset. Le bacille donne environ 2,50 % de cendres où dominent les phosphates, puis viennent les sulfates. Les bases, par ordre décroissant, sont : le sodium, le potassium, le calcium et magnésium, avec des traces de fer, de manganèse et de zinc.

Ces recherches ont comme résultat immédiat de faire connaître la composition chimique d'un de nos ennemis le plus redoutables.

Pour l'avenir, elles nous permettent d'entrevoir la possibilité d'obtenir une tuberculine de constance définie et d'action thérapeutique toujours identique. Elles nous montrent que les tentatives en vue de lutter contre la tuberculose au moyen de lipases capables de dissoudre les matières grasses et de rendre plus vulnérable le bacille sont vouées à un échec. Si nous connaissons, en effet, les lipases des graisses, nous n'avons encore aucune donnée sur les ferments capables de saponifier les cires, et encore moins sur ceux susceptibles de s'attaquer à des corps comme le hyalinol.

Il faudrait maintenant bien peu d'effort pour élucider d'une façon définitive les quelques questions moins étudiées et méritant d'être mises au point.

Peut-être les auteurs, malgré les difficultés matérielles qui les obligent à abandonner ce sujet, reviendront-ils sur leur détermination. Il serait à souhaiter que les plus avertis puissent poursuivre ces travaux dans l'intérêt de tous ceux qui s'occupent de la lutte contre la tuberculose.

§ 6. — Physiologie

La photometrie et la variabilité topographique de persistance des impressions rétiniennes. — Dans l'étude que nous avons consacrée aux principes physiologiques qui doivent présider à toute étude de la lumière [1], nous avons signalé au passage une influence spécifique de la région rétinienne excitée sur la persistance des impressions lumineuses (p. 627). Cette influence est très importante, car elle peut intervenir pour vicier les résultats de la « flicker photometry », de la photométrie hétérochrome fondée sur la valeur minima du seuil de fusion pour la succession des lumières à comparer quand l'égalité lumineuse est atteinte [2].

En effet, suivant l'étendue des plages à comparer, la position et les mouvements des yeux, le seuil de fusion pourra varier, du moment que la rétine ne possède pas des valeurs homogènes de persistance.

Une étude systématique serait nécessaire, tant pour les conditions de la fusion chromatique des sensations de couleurs hétérogènes (fusion en une composante

1. A. Goris : Composition organique du Bacille tuberculeux. *Annales Institut Pasteur*, t. XXXIV, p. 498 ; 1920.

A. Goris et A. Liot : Composition minérale du Bacille tuberculeux. *Ann. Inst. Past.*, t. XXXIV, p. 525 ; 1920.

A. Goris et A. Liot : Etude de l'acido-résistance. *Ann. Inst. Past.*, t. XXXIV, p. 539 ; 1920.

1. *Revue générale des Sciences*, 15 et 30 octobre 1920.

2. Rappelons que la fusion des couleurs (ou leur annulation quand ce sont des complémentaires) est plus vite atteinte que la fusion des clartés inégales en une impression de luminosité moyenne. Dès lors, si les clartés sont inégales, la fusion complète est obtenue d'autant plus difficilement que la différence des clartés est plus grande, mais après la fusion chromatique. Si les clartés sont égales, la fusion chromatique intervient seule, et dès lors le seuil de fusion complète passe par un minimum quand, une des clartés variant par rapport à l'autre, l'égalité de trouve réalisée.

intermédiaire ou annulation réciproque) que pour celle de la fusion lumineuse des sensations homogènes d'inégal niveau (fusion en une composante de niveau moyen). Cette étude n'a pas été faite, mais diverses recherches ont déjà montré que de multiples conditions modifiaient le seuil de fusion lumineuse, et que ces conditions n'agissaient pas également dans toutes les régions de la rétine, comme nous l'avons indiqué. Une importante étude de A. C. Hardy[1] vient d'apporter à cet égard des documents nouveaux et importants.

Alors qu'Allen n'avait pas réussi à obtenir des valeurs cohérentes pour les seuils de fusion suivant la topographie de la rétine, Hardy y est arrivé en faisant les déterminations sur lui-même en plus de 100 points différents, avec des lumières monochromatiques, grâce à un dispositif technique qui paraît, dans l'ensemble, avoir été satisfaisant.

L'œil était adapté à l'obscurité, mais pendant un temps trop court (5 minutes) pour qu'au début l'adaptation fût suffisante. L'éclairement était constant, mais nous n'en connaissons pas la valeur exacte, et en particulier nous ne savons pas quelle était la luminosité relative des différentes radiations monochromatiques ; or, comme la persistance dépend de la luminosité, il y a là un facteur dont l'influence perturbatrice n'est pas éliminée quand on recherche l'action spécifique des diverses radiations.

Enfin, étant donné que la surface rétinienne intervient pour modifier le seuil de fusion, il fallait procéder à surface constante, ce que l'auteur a fait, après avoir recherché une surface qui lui parût optima, et s'être arrêté à une surface d'ouverture angulaire égale à 3°36, réglée par un diaphragme à iris devant le disque à secteurs arrêtant ou laissant passer le flux lumineux.

L'œil, pour les déterminations périphériques, fixait un point très faiblement lumineux, déplaçable de 3° en 3° dans une direction donnée (les directions choisies faisant avec l'horizontale des angles de 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° et 315°). Dans ces conditions, avec une radiation rouge filtrée (6776 A.), la persistance étant de $0^{sec}0209$ au centre de la fovea, et croissant progressivement vers la périphérie de la rétine, l'auteur a déterminé des cercles — ou plutôt des ellipses à grand axe horizontal — d'isorersistance. Du côté nasal, la persistance s'est montrée un peu plus élevée que du côté temporal ; la valeur maxima a été rencontrée à 38° du centre fovéal, atteignant $0^{sec}109$, soit plus de 5 fois la valeur minima fovéale.

Avec une radiation jaune-verte (5310 A.), des lignes d'isopersistance semblables ont pu être déterminées, mais la marge de variation s'est montrée beaucoup plus faible, la valeur maxima ($0^{sec}0339$) n'étant pas le double de la valeur minima fovéale ($0^{sec}0179$).

Enfin avec une radiation bleue-violette (4631 A.), la persistance s'est montrée supérieure dans la fovea, mais inférieure à la périphérie, du moins par rapport à la lumière rouge, et sensiblement homogène sur toute la surface de la rétine. La valeur fovéale étant de 0,0346, la maxima a été atteinte à 7° du centre, côté nasal ($0^{sec}0401$) et la minima à 35°, côté temporal ($0^{sec}0305$); à 38° de la fovea, côté nasal, où se place la valeur maxima pour les radiations rouges et jaunes-vertes, la persistance était à peu près égale à celle du centre ($0^{sec}0339$), un peu plus courte toutefois.

L'auteur fait remarquer que les valeurs de persistance qu'il indique représentent seulement le temps requis pour qu'une impression rétinienne subisse un affaiblissement juste inférieur à celui qui serait nécessaire pour qu'il y ait distinction par rapport à un stimulus nouveau.

1. Arthur C. Hardy : A Study of the Persistence of Vision. *Proc. of National Academy of Sciences*, t. VI, n° 4, p. 221-224; avril 1920.

En effet, la valeur de la sensibilité différentielle intervient dans les seuils de fusion, bien qu'on n'en tienne jamais compte, et la persistance ne peut pas être réellement mesurée par de tels procédés d'une façon correcte. La théorie physiologique de la photométrie du papillotement n'est pas encore faite.

Toutefois, des recherches comme celles de Hardy sont précieuses.

Malgré l'absence d'égalisation lumineuse, et bien que le facteur sensibilité différentielle joue un certain rôle non précisé, il apparaît, sans aucun doute, une influence spécifique de la longueur d'onde des radiations, variable suivant la région rétinienne intéressée.

Je crois que cette action spécifique, avec variabilité topographique, pourra être ramenée à une simple différence des caractères propres des cônes et des bâtonnets, c'est-à-dire de l'appareil de la vision solaire et de celui de la vision crépusculaire, conformément aux indications que j'ai données dans mon étude générale, et aux résultats de mes recherches sur la variabilité de l'énergie liminaire en fonction de la durée d'action de la lumière, suivant la longueur d'onde, l'état d'adaptation et la région rétinienne excitée.

Nous sommes dans la période préparatoire où nous mettons en évidence des relations extrêmement compliquées entre de nombreuses variables ; un choix des variables principales nous donnera des relations simples s'ordonnant d'une façon harmonieuse. Tout doit s'expliquer par la répartition, et l'intervention proportionnelle dans la résultante qu'est l'impression lumineuse, des deux catégories différentes d'appareils récepteurs auxquelles est due l'hétérogénéité de la rétine.

Henri Piéron,
Directeur du Laboratoire de Psychophysiologie de la Sorbonne.

La fatigue et le rendement chez les fumeurs. — On a consacré de nombreuses recherches à l'effet du tabac sur le corps humain, mais il ne semble pas qu'on ait étudié jusqu'à présent le rendement industriel chez les fumeurs et les non-fumeurs. MM. J.P. Baumberger et E.G. Martin, du Laboratoire de Physiologie de l'Université Stanford, viennent de compléter en partie cette lacune[1]. Leurs expériences ont porté sur le personnel d'un grand bureau télégraphique, dont la profession leur a paru particulièrement intéressante en ce qu'elle implique à la fois un haut degré d'attention, de coordination neuro-musculaire dans la manipulation du levier ou de la machine à écrire, de mémoire dans la transposition des points et traits du code Morse en lettres ou inversement, et d'association dans l'assemblage des lettres en mots et phrases.

Sans entrer dans le détail des épreuves auxquelles les sujets ont été soumis, donnons-en simplement les résultats :

1° Les courbes de rendement d'un groupe d'opérateurs télégraphistes en code Morse présentent en général l'allure typique de la fatigue qui se produit dans les opérations impliquant à la fois l'attention et la coordination neuro-musculaire ;

2° Les grands fumeurs du groupe présentent au commencement de la journée de travail un rendement supérieur à celui des petits fumeurs ; mais ce rendement diminue d'une façon marquée vers la fin de la journée, de telle sorte que la production de la journée entière est définitivement moindre chez ceux qui fument beaucoup que chez ceux qui fument peu ;

3° Les grands fumeurs sont également moins capables que les autres de fournir un surcroît occasionnel de travail vers la fin de la journée.

1. *Journ. of industr. Hygiene*, t. II, n° 6, pp. 207-214 ; octobre 1920.

SUR LA SYNTHÈSE BIOCHIMIQUE ET EN PARTICULIER SUR CELLE DES DISACCHARIDES[1]

Messieurs,

Dans une conférence faite devant la Société Chimique en mai 1913, j'ai exposé comment nous sommes arrivés, M. Bridel et moi, à obtenir, pour la première fois, à l'aide d'un ferment contenu dans le produit des amandes désigné sous le nom d'*émulsine*, toute une série de glucosides d'alcools acycliques et cycliques : méthyl-, éthyl-, propyl-, benzyl-, etc.- glucosides.

I

On peut se représenter la formation de ces glucosides de la façon suivante :

Le glucose cristallisé ordinaire a comme pouvoir rotatoire : $\alpha_D = +108°$. Lorsqu'on le dissout dans l'eau, ce pouvoir rotatoire s'abaisse peu à peu jusqu'à $+ 52°,5$. L'abaissement tient, comme cela ressort des recherches de Ch. Tanret, à ce qu'une portion de ce glucose se transforme en une variété stéréo-isomère dont le pouvoir rotatoire est seulement de $+ 20°$. Après quelques heures, la transformation s'arrête ; à ce moment, le pouvoir rotatoire $+ 52°,5$, désormais stable, est celui du mélange des deux glucoses.

Au premier glucose, on a donné le nom de glucose α et au second, celui de glucose β. Le pouvoir rotatoire correspond sensiblement à un mélange composé d'un tiers de glucose α et de deux tiers de glucose β. Les deux variétés de glucose se font équilibre en milieu aqueux, dans ces proportions.

Les mêmes phénomènes se passent quand on dissout le glucose dans des alcools plus ou moins concentrés, les proportions des deux sucres α et β qui se font équilibre étant différentes, comme en témoigne le pouvoir rotatoire du glucose dans les alcools, qui est plus fort que dans l'eau et augmente avec le titre alcoolique.

Si, dans une solution alcoolique de glucose, on ajoute de l'émulsine, un des ferments qu'elle renferme, une *glucosidase*, fixe sur l'alcool le glucose β seulement, de sorte que le glucoside qui se forme est le glucoside β et que la glucosidase doit être appelée *glucosidase* β.

Mais il y a ainsi disparition de glucose β du mélange et l'équilibre est détruit. Pour y revenir, du glucose α se transforme corrélativement en glucose β et la réaction se continue comme si la solution ne renfermait que du glucose β. Elle ne va pas, d'ailleurs, jusqu'à la transformation du glucose total en glucoside β; elle atteint un certain équilibre qui dépend du titre alcoolique de la solution.

Ces glucosides β sont tous lévogyres et hydrolysables par le ferment qui a servi à les préparer. Si l'hydrolyse est pratiquée dans une solution de même titre alcoolique que la synthèse, on revient au même équilibre. L'action fermentaire de la glucosidase est donc réversible.

Voilà pour les alcoolglucosides β, dont quelques-uns avaient été préparés par voie chimique avant les recherches que je viens de rappeler.

II

Mais on avait aussi préparé chimiquement quelques termes d'une autre série d'alcoolglucosides, dans lesquels le glucose est à l'état de glucose α.

Ceux-ci sont fortement dextrogyres (méthylglucoside $\beta = + 32°, 5$; méthylglucoside $\alpha = + 157°, 9$), et l'on savait qu'ils sont hydrolysés par un ferment qui se trouve dans la levure basse desséchée à l'air, ferment qu'on peut, à cause de cela, appeler *glucosidase* α.

L'action fermentaire s'étant montrée réversible pour la glucosidase β, on pouvait penser qu'il en serait de même pour la glucosidase α et qu'en faisant agir celle-ci dans une solution alcoolique de glucose, on obtiendrait des alcoolglucosides α.

C'est à quoi nous sommes arrivés MM. Hérissey, Bridel et moi.

J'ai exposé à la Haye, dans une conférence faite quatre mois après la première, un résumé des recherches que nous avons effectuées sur cette deuxième question.

Je rappellerai que la réalisation de la synthèse biochimique des alcoolglucosides α a été plus laborieuse que celle des alcoolglucosides β. En effet, après de nombreux essais infructueux, nous avons fini par supposer que ces insuccès pouvaient tenir à ce que la glucosidase α, comme nous l'avons constaté, est détruite par les alcools dès que ceux-ci atteignent une certaine concentration. Et il a fallu commencer par déterminer, pour tous les alcools expérimentés, à quelle concentration a lieu cette destruction, de façon à opérer dans des liquides moins riches en alcool.

1. Conférence faite au Laboratoire de M. Haller, le 10 juin 1920.

On l'a fait par des expériences d'hydrolyse sur les glucosides α, qu'on a dû préparer d'abord chimiquement.

Ainsi, pour étudier l'action destructive de l'alcool méthylique, on a préparé du méthylglucoside α en traitant, suivant la méthode d'Emil Fischer que nous avons légèrement modifiée, du glucose anhydre par 5 fois son poids d'alcool méthylique anhydre contenant 0,25 gr. de HCl pour 100 cm³. On fait bouillir le mélange au bain-marie dans un ballon muni d'un réfrigérant à reflux, dont l'extrémité en contact avec l'atmosphère est terminée par un tube desséchant. Il faut environ trois jours d'ébullition pour obtenir le maximum de rendement. Il est facile de retirer le méthylglucoside formé de la solution et de l'obtenir cristallisé. Une seule recristallisation dans l'alcool absolu permet de l'avoir pur.

Ce glucoside une fois préparé, on en a fait des solutions dans de l'alcool méthylique étendu renfermant 10, 20, 30, 35 et 40 cm³ de cet alcool pour 100 cm³ et l'on a ajouté à chacune d'elles de la levure basse desséchée.

On a ainsi constaté que, dans les alcools de concentration supérieure à 40 cm³ (32 gr.) pour 100 cm³, il ne se fait pas d'hydrolyse.

Dès lors, il était indiqué qu'on ne pourrait réussir à obtenir de synthèse du méthylglucoside α qu'en opérant dans des solutions de concentration inférieure à 40 cm³ d'alcool méthylique pour 100 cm³.

Mais ce n'est pas tout. D'autres expériences ont établi que la destruction du ferment, qui est en quelque sorte instantanée à cette concentration, se fait déjà plus lentement à des concentrations moindres, de sorte que, dans nos expériences de synthèse, expériences qui doivent durer longtemps, quelquefois plusieurs mois, il a fallu opérer dans un alcool de concentration plus faible encore.

En réalité, voici, pour quelques alcools, le titre en poids qu'il convient de ne pas dépasser :

Alcool méthylique.....	22 gr.	pour 100 cm³
— éthylique.....	20 »	—
— propylique	16 »	—
— allylique	13 à 14 gr.	—
— butylique.....	6 gr.	—
— isobutylique.....	8 »	—
Glycol ordinaire.....	50 »	—
Glycol isopropylénique..	40 »	—
Glycérine.....	80 »	—

On remarquera que les alcools polyvalents sont bien moins nocifs à l'égard de la glucosidase α que les alcools monovalents. Il est même possible que la glycérine soit sans action nocive, car on a pu voir l'action synthétisante du ferment sur le glucose dans de la glycérine à 94 % se poursuivre pendant 4 mois et constater qu'elle n'était pas encore arrêtée. Il y avait alors plus de 71 centièmes du glucose combiné.

D'autre part, si l'on admet, ce qui est assez exact, sauf pour la glycérine, que c'est immédiatement au-dessus de ces titres que commence l'action nocive des alcools, on reconnaîtra qu'il y a bien un certain parallélisme entre les propriétés nocives de ces alcools sur la glucosidase α et leurs propriétés toxiques sur les animaux.

III

Ainsi, on a réussi à obtenir par synthèse biochimique les deux séries d'alcoolglucosides répondant au glucose β et au glucose α.

Ces résultats permettaient de prévoir qu'on pourrait aussi obtenir biochimiquement la combinaison des alcools avec les autres aldohexoses, tout au moins avec les aldohexoses isomères du glucose : galactose, mannose, etc., et même avec les aldopentoses, etc. *Il ne s'agissait que de trouver une source naturelle de ferments convenables.* De nouvelles difficultés se sont présentées dans cet ordre d'idées. Et c'est là qu'on s'aperçoit que nos connaissances sur les ferments, qui paraissent avoir tant progressé dans ces dernières années, sont encore rudimentaires.

Nous nous sommes adressés d'abord au galactose, dont il existe aussi deux formes stéréoisomères que Ch. Tanret a également fait connaître : le galactose β, dont le pouvoir rotatoire est $+ 53°$ environ, et le galactose α, dont le pouvoir rotatoire est voisin de $+ 140°$. Ce dernier est le galactose cristallisé ordinaire : lorsqu'on le dissout dans l'eau, une partie se transforme peu à peu en β jusqu'à ce que le pouvoir rotatoire du mélange des deux sucres se soit abaissé à $+ 81°$. Cet équilibre correspond à 2/3 de β et 1/3 d'α, comme pour le glucose.

Aussi, de même qu'il existe 2 séries d'alcoolglucosides, il existe deux séries d'alcoolgalactosides : les *alcoolgalactosides* β, dans lesquels le galactose est sous la forme β, et les *alcoolgalactosides* α dans lesquels le galactose est sous la forme α.

Em. Fischer avait observé que les méthyl- et éthylgalactosides β, qu'on savait préparer par les procédés chimiques, sont hydrolysés par l'émulsine; il s'ensuivait que ce produit, qui s'est montré si riche en ferments divers, devait renfermer de la *galactosidase* β, et nous avons pensé qu'il pourrait servir à effectuer la synthèse de ces mêmes glucosides.

Cette fois encore les résultats ont été d'accord avec les prévisions et l'on a obtenu une première série de galactosides d'alcools : les galactosides β.

Ces galactosides sont lévogyres comme les glucosides β, mais moins que ces derniers :

	α_D		α_D
Méthylglucoside β	— 32°50	— Méthylgalactoside β	— 0°419
Ethylglucoside β	— 35°80	— Ethylgalactoside β	— 6°69

Ils sont hydrolysables par l'émulsine ou plutôt par la galactosidase β, dont l'action fermentaire est par conséquent réversible.

IV

En ce qui concerne les alcoolgalactosides α, dont Emil Fischer avait aussi préparé deux termes chimiquement : le méthylgalactoside α (1895) et l'éthylgalactoside α (1884), aucune observation ne pouvait guider pour leur synthèse biochimique, car on n'avait encore trouvé aucun ferment capable de les hydrolyser.

Après bien des essais, deux de mes élèves et collaborateurs, MM. Hérissey et Aubry, découvrirent, ce qui avait été nié par Emil Fischer, qu'une macération aqueuse de levure basse desséchée effectue cette hydrolyse comme elle effectue l'hydrolyse des alcoolglucosides α. Si ces deux chercheurs ont réussi là où Fischer avait échoué, c'est que, habitués dans mon laboratoire à faire des essais de longue durée, ils ont prolongé leurs expériences pendant près de 4 mois (113 jours), au bout desquels l'action hydrolysante était devenue évidente.

Ainsi, à une solution aqueuse de méthylgalactoside α, galactoside préparé chimiquement par eux, et qui en renfermait 1,3 gr. pour 100 cm³, on a ajouté de la macération de levure basse desséchée. Cette solution, qui accusait au départ + 5°4′ au tube de 2 décimètres, accusait le 44e jour + 4° et le 113e jour + 3°10′, soit une diminution de 1°54′ attribuable à l'hydrolyse d'une partie du galactoside.

Ce fait, une fois établi, on a effectué, avec la même macération, des essais de réaction inverse, c'est-à-dire de synthèse biochimique d'alcoolgalactosides α et, pour la quatrième fois, on obtint des résultats positifs.

Les galactosides ainsi préparés sont fortement dextrogyres, plus dextrogyres que les glucosides correspondants :

	α_D		α_D
Méthylglucoside α :	+ 157°9	— Méthylgalactoside α	+ 192°7

et ils sont hydrolysables par la galactosidase α avec laquelle on en a réalisé la synthèse.

V

La méthode biochimique, en permettant de préparer de nombreux représentants des quatre séries de dérivés alcooliques dont il vient d'être question, a permis en même temps de pousser assez loin la comparaison de leurs pouvoirs rotatoires. On a constaté ainsi qu'il existe entre ces pouvoirs rotatoires des relations remarquables qu'on ne peut pour le moment, à mon avis, que signaler, mais qui seront expliquées sans doute lorsqu'on sera renseigné sur l'origine des propriétés optiques des corps, et qu'on aura obtenu les dérivés d'autres aldoses tels que mannose, rhamnose, etc.

J'en dirai seulement quelques mots en envisageant les glucosides et galactosides de l'alcool méthylique.

Glucose β :	+ 20°	Galactose β :	+ 53°
	52°5		53°4
Méthylglucoside β	— 32°5	Méthylgalactoside β	— 0°419

Glucose α :	+ 108°	Galactose α :	+ 140°
	49°,9		52°,7
Méthylglucoside α :	+ 157°,9	Méthylgalactoside α :	+ 192°7

L'examen de ces chiffres conduit aux conclusions suivantes :

1° Lorsqu'on combine l'alcool au sucre β : glucose ou galactose, le pouvoir rotatoire du dérivé obtenu : glucoside ou galactoside est inférieur à celui du sucre β et il paraît vraisemblable qu'il soit inférieur de la même quantité :

$$20 + 32{,}5 = 52{,}5 \text{ pour le glucoside;}$$
$$53 + 0{,}419 = 53{,}4 \text{ pour le galactoside.}$$

2° Lorsqu'on combine l'alcool au sucre α : glucose ou galactose, le pouvoir rotatoire du dérivé obtenu : glucoside ou galactoside est supérieur à celui du sucre α et il se pourrait que la différence soit la même dans les deux cas :

$$157{,}9 - 108° = 49{,}9 \text{ pour le glucoside;}$$
$$192{,}7 - 140° = 52{,}7 \text{ pour le galactoside.}$$

Les mêmes faits se retrouvent pour les autres alcools, de sorte que :

1° si, dans une synthèse biochimique de glucoside d'alcool, on voit baisser le pouvoir rotatoire du mélange, on peut affirmer que c'est le glucose β qui se combine et que c'est un glucoside β que l'on obtient ;

2° si, au contraire, il y a augmentation du pouvoir rotatoire, ce doit être du glucose α qui se combine à l'alcool et c'est un glucoside α qui se forme.

Cette remarque sera mise à profit dans l'étude de la synthèse biochimique des disaccharides dont je vais maintenant m'occuper.

VI

Les seuls polysaccharides obtenus, jusqu'à présent, par synthèse biochimique sont des disaccharides.

Les disaccharides, hexobioses, saccharobioses, sont les plus simples des polysaccharides : ils résultent de l'union de 2 molécules de glucose ou, en général, de monoses.

Soit un hexobiose résultant de l'union de 2 molécules de glucose ordinaire.

Le glucose est un alcool pentavalent, possédant une fonction aldéhyde. On le représente aujourd'hui par la formule suivante, dite formule oxydique ou lactonique :

$$CH^2OH-CHOH-CH.\overset{-O-}{(CHOH)^2}.CHOH$$

Cette formule comporte 4 fonctions alcool (1 primaire et 3 secondaires), et un groupe réducteur constitué par la fonction aldéhyde, laquelle est engagée dans une combinaison avec la fonction alcool du 4e atome de carbone.

L'union des 2 molécules de glucose, pour donner le disaccharide, s'effectue par la combinaison *d'une des fonctions alcool de l'une des molécules* avec le *groupe réducteur de l'autre molécule.*

Le disaccharide est donc un véritable glucoside d'alcool, comparable au méthylglucoside, et cela conduisait à penser que sa synthèse biochimique pourrait être réalisée comme celle du méthylglucoside lui-même.

Mais, du fait que le glucose est un alcool polyvalent d'une part, et que, d'autre part, il existe sous deux formes stéréo-isomères, on voit que ce sucre peut donner naissance à plusieurs glucobioses différents.

Admettons, par exemple, que la fonction alcool primaire soit la seule à entrer en réaction ; on comprend qu'on puisse aboutir par synthèse biochimique aux glucobioses représentés par le tableau suivant, dans lequel on imagine que les glucoses de la première colonne réagissent par leur fonction alcool primaire, donc *comme alcool*, et ceux de la 2e par leur groupe réducteur, donc *comme glucose :*

	Alcool		*Groupe réducteur*
1 diminution	Glucose β	+	Glucose β
2	Glucose α	+	Glucose β
3 augmentation	Glucose β	+	Glucose α
4	Glucose α	+	Glucose α

Rappelons-nous maintenant les conclusions que nous avons déduites des relations qui existent entre les pouvoirs rotatoires des glucosides et des galactosides d'alcools :

Lorsqu'on combine un alcool au glucose β ou au galactose β, il y a toujours un abaissement du pouvoir rotatoire, et lorsqu'on combine un alcool avec le glucose α ou le galactose α, il y a toujours augmentation du pouvoir rotatoire.

Il doit donc exister des hexobioses à faibles pouvoirs rotatoires : des hexobioses β, et des hexobioses à pouvoirs rotatoires élevés : des hexobioses α.

Ces considérations, qui pourraient être plus développées, ne me sont d'ailleurs venues à l'esprit qu'après avoir préparé quelques-uns de ces hexobioses.

VII

En réalité, le premier qui fut obtenu l'a été en quelque sorte fortuitement.

Après avoir effectué la synthèse biochimique des glucosides d'alcools, nous avions pensé à effectuer celle des glucosides de phénols. Il nous semblait qu'on devait y arriver facilement, puisque beaucoup de glucosides naturels sont des glucosides de phénols et qu'ils sont hydrolysables par l'émulsine. La vérité est que nous n'y sommes pas encore parvenus : c'est donc un problème qui reste posé.

Quoi qu'il en soit, dans une première tentative, voulant nous rapprocher des conditions qui avaient fourni les meilleurs résultats dans la synthèse des méthyl- et éthylglucosides β, nous avons employé une solution très concentrée de phénol ordinaire.

On a opéré, en effet, avec le produit qu'on appelle *phénol liquéfié* et qui s'obtient en ajoutant 10 gr. d'eau à 100 gr. de phénol cristallisé. On a fait avec ce liquide une solution renfermant, pour 100 cm³, 2 gr. de glucose, que l'on a additionnée d'émulsine. On n'a observé aucune réaction.

Alors, on a fait l'inverse, c'est-à-dire qu'on a employé une solution aqueuse renfermant beaucoup de glucose et peu de phénol ; elle contenait, pour 100 cm³, 40 gr. de glucose et 2 gr. de phénol. Cette fois, on vit diminuer peu à peu la rotation droite du liquide et disparaître une certaine quantité de sucre réducteur.

En 68 jours, à la température du laboratoire, la rotation du mélange, qui était au départ de + 39°32′ pour $l = 2$, avait passé à + 36°52′, ce qui constituait une diminution de 2°40′. Je n'ai pas besoin de vous dire que nous avons cru un moment avoir réalisé la synthèse du glucoside β du phénol ordinaire.

Mais, heureusement, avertis par d'autres expériences antérieures sur les alcools, nous eûmes l'idée d'essayer l'action de l'émulsine sur des solutions de glucose sans phénol, en ajoutant simplement au mélange du toluène comme antiseptique ; et nous constatâmes de même un abaissement notable de la rotation.

Ainsi, avec une solution aqueuse contenant, pour 100 cm³, environ 50 gr. de glucose et 0 gr. 40 d'émulsine, et du toluène antiseptique, on vit la rotation passer de + 50°40′ à + 44°36′ en 38 jours ; soit une diminution de 6°4′.

La réaction produite par l'émulsine, qui se manifestait ainsi par une diminution de la rotation et par la disparition de glucose, intéressait donc uniquement ce dernier sucre; le phénol n'y était pour rien. Il s'agissait alors de savoir en quoi consistait cette réaction.

On porte d'abord la solution de glucose ayant subi l'action de l'émulsine à la température de + 100° pour détruire le ferment et chasser le toluène. On la dilue ensuite de façon à ce qu'elle contienne seulement 10 gr. environ de sucre pour 100 cm³, puis on l'additionne de levure de bière haute.

La fermentation terminée, la liqueur est restée réductrice et a conservé un léger pouvoir rotatoire droit. On la traite par l'acétate de phénylhydrazine et on constate qu'il se fait une osazone soluble à chaud et précipitable par refroidissement.

D'autre part, on en traite une partie par de l'acide sulfurique dilué, à l'ébullition, et, à une autre partie, on ajoute de l'émulsine. Dans les deux cas, on voit s'accroître la rotation droite en même temps que le pouvoir réducteur.

Tous ces essais indiquaient qu'il s'était produit par synthèse biochimique, sous l'influence du ferment, un polyose réducteur, vraisemblablement un biose non fermentescible par la levure haute, hydrolysable par les acides minéraux étendus et par l'émulsine.

Pour l'obtenir, on a opéré sur 1.000 cm³ d'une solution aqueuse contenant 50 gr. de glucose pour 100 cm³; on a additionné cette solution de 5 gr. d'émulsine et de 5 cm³ de toluène, puis on l'a abandonnée à la température du laboratoire pendant un mois, en ayant soin d'agiter tous les jours. La rotation a passé de + 50°30′ à + 44°12′ (diminution de 6°18′).

La solution, débarrassée de l'émulsine et du toluène par la chaleur, et du glucose en excès par fermentation alcoolique, a été déféquée par le sous-acétate de plomb, puis réduite en extrait par distillation sous pression réduite à une température inférieure à + 50°.

Cet extrait a été ensuite épuisé à plusieurs reprises à l'ébullition par de l'alcool à 95°. Les solutions alcooliques ainsi obtenues, décantées après 24 heures de repos et abandonnées à la température du laboratoire, ont laissé déposer peu à peu un produit cristallisé que l'on a rassemblé et purifié.

Ce produit avait une saveur légèrement amère, fondait entre + 191 et + 194°, possédait la multirotation, la solution étant d'abord lévogyre pour devenir ensuite dextrogyre (pouvoir rotatoire après 6 minutes de dissolution $\alpha_D = -5°$; après équilibre $\alpha_D = +10°37$).

Ce produit n'était autre que le gentiobiose, sucre que nous avions découvert, M. Hérissey et moi, en 1901, sans nous douter que, près de 12 ans après, nous arriverions à en effectuer la synthèse.

J'incline à penser, à cause de son faible pouvoir rotatoire, et d'accord avec les considérations que je développais tout à l'heure, qu'il est le premier terme des 4 glucobioses du tableau, résultant de l'union de 2 molécules de glucose β.

VIII

Ainsi donc, sous l'influence d'un ferment contenu dans l'émulsine, il se forme dans une solution aqueuse concentrée de glucose, par union de 2 molécules de celui-ci, du *gentiobiose*. Le ferment qui intervient dans ce cas est la *gentiobiase*, dont nous avons, M. Hérissey et moi, établi la spécificité.

Mais ce gentiobiose était-il le seul polysaccharide formé?

Lorsqu'on hydrolyse le gentiobiose en solution dans l'eau, soit par la gentiobiase, soit par un acide, la rotation augmente, puisqu'il est dédoublé en glucose dont le pouvoir rotatoire est + 52°,5. En même temps s'accroît le pouvoir réducteur. Une augmentation de la rotation de 1 degré au tube de 2 décimètres correspond à la formation, dans 100 cm³, de 486 mgr. de sucre réducteur exprimé en glucose. Cette valeur, 486, est pour le gentiobiose une constante caractéristique. C'est son indice de réduction hydrolytique.

Or, nous avions déterminé l'indice de l'extrait constituant l'ensemble des produits formés pendant l'expérience et nous l'avions trouvé égal à 549. Le gentiobiose n'était donc pas seul; il devait être accompagné au moins d'un autre polysaccharide à indice plus élevé.

Nous avons pensé immédiatement au cellobiose dont l'indice est 777, et qui, hydrolysé aussi par un ferment existant dans l'émulsine, pouvait s'être formé.

On a donc soumis les liqueurs mères du gentiobiose à divers traitements susceptibles de provoquer la cristallisation de ce dernier sucre. En particulier, après avoir concentré les liqueurs, on les a amorcées avec du cellobiose préparé par voie chimique. Mais aucun essai n'a réussi.

Il faut dire que ces recherches, commencées en 1913, avaient été interrompues à plusieurs reprises pendant les 5 années de guerre et que la partie de l'extrait primitif non dissoute dans l'alcool avait été égarée. Aussi s'était-on décidé à reprendre l'expérience dans son entier, et avec plus de méthode, lorsque la solution de la question est venue d'un autre côté.

Dans nos expériences de synthèse du *glucoside β du glycol*, nous avions fait agir l'émulsine dans un mélange renfermant pour 100 cm³ :

Glycol	87 gr.	12,6 mol.
Glucose	20 »	1 —
Eau	13 »	6 —

La formule du glycol est :

$$\begin{array}{l} CH^2OH \\ | \\ CH^2OH \end{array}$$

Elle comporte deux fonctions alcool primaire symétriques. Le glycol doit donc pouvoir donner deux glucosides β :

un monoglucoside β $\begin{array}{l} CH^2O.C^6H^{11}O^5 \\ | \\ CH^2OH \end{array}$

et un diglucoside β $\begin{array}{l} CH^2O.C^6H^{11}O^5 \\ | \\ CH^2O.C^6H^{11}O^5 \end{array}$

Mais on n'a obtenu dans ces expériences que le monoglucoside, ce qui, à la réflexion, se conçoit parfaitement, étant donnée la masse du glycol (12,6 mol.) par rapport à la masse du glucose (1 mol.).

Pour avoir du diglucoside, il aurait fallu mettre en contact avec le glycol un excès de glucose, c'est-à-dire au moins 2 molécules de sucre pour 1 d'alcool.

C'est ainsi que nous avons été amenés, MM. Aubry, Bridel et moi, à traiter par l'émulsine le mélange suivant :

Glycol	50 gr.	0,966 mol. (moins d'une molécule).
Glucose	300 »	2 mol.
Eau p. 500 cm³	265 »	17,666 mol.

Avec un tel mélange, il fallait s'attendre, étant donnée la concentration du glucose dans l'eau, à voir intervenir non seulement la glucosidase β, mais encore les hexobiases de l'émulsine (*gentiobiase, cellobiase*) et se former des hexobioses en même temps que le diglucoside du glycol.

L'expérience, commencée en mai 1914, s'est prolongée jusqu'en 1919. Voici l'ordre dans lequel ont été obtenus à l'état cristallisé les composés que nous avons caractérisés : *gentiobiose, monoglucoside β, diglucoside β, cellobiose.*

C'est le *gentiobiose* qui a cristallisé le premier, en juin 1915, puis a été isolé le *monoglucoside β* du glycol, puis le *diglucoside β* et enfin le *cellobiose*. Celui-ci a été retiré des résidus de la réaction insolubles dans l'éther acétique et dans l'alcool absolu ; il a été reconnu à ses caractères microscopiques très particuliers, à son pouvoir rotatoire et à son pouvoir réducteur.

Tout en établissant que l'émulsine, en agissant sur le glucose, donne naissance à du cellobiose, l'expérience que je viens de rappeler montre donc que, dans des conditions convenables, tous les ferments que renferme cette émulsine exercent simultanément leur action : dans l'espèce : glucosidase β, gentiobiase, cellobiase.

Quant au cellobiose, dont le pouvoir rotatoire + 33° vient se placer entre le pouvoir rotatoire du glucose β (+20°) et le pouvoir rotatoire fixe du glucose (+ 52°,5), je croirais volontiers qu'il est constitué par du glucose α agissant comme alcool, et par du glucose β agissant par son groupe réducteur (n° 2).

IX

Vous avez pu remarquer que, dans la synthèse biochimique des combinaisons résultant de *l'union d'un aldohexose avec un alcool*, le glucose et le galactose se sont conduits de la même façon sous l'influence de l'émulsine et de l'extrait de levure basse desséchée.

On a obtenu avec l'émulsine une série de glucosides β et une série parallèle de galactosides β ; avec l'extrait de levure, une série de glucosides α et une série parallèle de galactosides α.

Nous nous sommes demandé si ce parallélisme se retrouverait pour les polysaccharides ; si aux glucobioses : gentiobiose et cellobiose, obtenus synthétiquement avec l'émulsine, correspondaient des galactobioses qu'on pourrait obtenir avec le même produit fermentaire.

Aucun composé de cette sorte n'avait été jusqu'ici rencontré dans la nature, ni même préparé artificiellement, du moins à l'état de pureté.

Nous avons, M. Aubry et moi, préparé 1.200 cm³ d'une solution aqueuse renfermant 34 gr. de galactose pour 100 cm³ et nous l'avons additionnée de 6 gr. d'émulsine.

Cette solution accusait au tube de 2 décimètres une rotation de + 58° 4'. On l'a abandonnée à la température du laboratoire pendant 5 mois et 12 jours. La rotation avait passé à + 55° 28', soit une diminution de 2° 36'.

On a porté le liquide à + 100° pour coaguler et détruire le ferment ; on a filtré, puis déterminé la fermentation du galactose resté libre à l'aide de la levure de bière *basse*, après addition d'un peu de glucose pour favoriser cette fermentation. Celle-ci terminée, on a filtré et évaporé en extrait sous pression réduite. Par diverses opérations qu'il serait trop long d'exposer ici, on a pu tirer de cet extrait 2 galactobioses à l'état cristallisé.

Tous deux, comme les glucobioses dont il a été question, réduisent la liqueur cupro-potassique. Ils ont comme pouvoir rotatoire : l'un +35°,1, inférieur à celui du galactose β + 53°, l'autre + 53°,05. On pourrait supposer que le premier correspond au gentiobiose et le second au

cellobiose. Tous deux sont hydrolysables par l'émulsine qui a servi à en effectuer la synthèse.

X

La question est loin d'être aussi avancée en ce qui concerne l'action de l'extrait aqueux de levure basse séchée sur les solutions concentrées d'aldohexoses. Et cependant, c'est par des travaux sur ce point que Croft-Hill, il y a plus de 20 ans, en 1898, amorçait la doctrine de la réversibilité des actions fermentaires.

Le chimiste anglais a fait agir l'extrait de levure basse sur du glucose en solution aqueuse concentrée et il a conclu de ses recherches qu'on obtenait ainsi du *maltose* ($\alpha_D = +140°$) et un autre glucobiose qu'il a appelé *révertose* ($\alpha_D = +91°$).

Mais le maltose n'a pu être encore isolé et le révertose ne l'a été que par Croft-Hill lui-même.

On a répété ces expériences dans mon laboratoire et essayé de retirer et d'isoler les 2 sucres. On n'a pas réussi cet isolement jusqu'ici.

Tout ce qu'on peut dire, c'est que, sous l'influence des ferments de la levure, la rotation de la solution de glucose augmente et qu'il se forme des glucobioses dextrogyres à pouvoir rotatoire élevé, lesquels résultent vraisemblablement de l'union d'une molécule de glucose α ou β agissant comme alcool avec une molécule de glucose α.

Il est très probable d'ailleurs que le maltose est un de ces glucobioses.

D'après tout ce que nous savons, on devait s'attendre à obtenir des résultats analogues avec le galactose.

On a fait dissoudre à saturation, à la température de $+35°$, du galactose dans une macération aqueuse de levure basse desséchée à l'air, additionnée de toluène. Après filtration, on a abandonné le mélange à la température du laboratoire pendant 16 mois (1915 à 1916).

On a vu la rotation, qui était au départ de $+63°4'$ ($l = 2$),

passer en 2 mois	à $+66°8'$,
en 5 mois et 10 jours	à $+70°16'$,
en 9 mois	à $+72°$,
et à l'arrêt de la réaction	à $+72°16'$.

La rotation s'était donc élevée de 9°12'.

Les essais qu'on a effectués par la suite, pour extraire et isoler les polysaccharides formés, n'ont pas abouti.

Mais ils ont permis de constater qu'il s'est formé un ou plusieurs galactobioses à pouvoir rotatoire élevé, réducteurs et hydrolysables par les ferments de la levure qui avaient servi à les préparer, donnant des osazones solubles à chaud et précipitables par refroidissement.

Les analogies observées entre le glucose et le galactose dans la synthèse des combinaisons alcooliques proprement dites se retrouvent donc dans celle des polysaccharides.

XI

Ces analogies, nous ne les retrouvons pas avec d'autres sucres, pas même avec le mannose ou l'arabinose que l'on rapproche habituellement du glucose. Aucun des ferments de l'émulsine ou de la levure ne paraît provoquer de combinaison de ces sucres avec les alcools.

Si donc on veut arriver à réaliser des synthèses biochimiques avec d'autres sucres, il faut chercher ailleurs les ferments.

Une expérience que nous avons faite récemment, M. Hérissey et moi, laisse espérer qu'on trouvera ceux-ci tôt ou tard.

On a étudié, dans mon laboratoire, d'une façon particulière, le rôle du mannose et de ses anhydrides, les mannanes, en physiologie végétale.

Ainsi, on a établi que l'albumen corné d'un grand nombre de graines : graines de *Caroubier*, de *Luzerne*, de *Trèfle*, de *Fénugrec*, de *Palmiers* divers, etc., est en grande partie, quelquefois presque en totalité, constitué par des *mannanes*. On a établi en outre que ces mannanes sont hydrolysées en mannose, au cours de la germination, par un ferment qui se produit à ce moment-là, — que nous avons appelé *séminase*.

Cette séminase, on la prépare facilement avec la graine de luzerne en germination, comme on prépare la diastase avec l'orge germé.

Nous avons pensé, toujours conformément à la doctrine de la réversibilité, qu'elle devait pouvoir condenser le mannose pour faire des *polymannosides*, et nous avons fait agir le malt de graines de luzerne sur du mannose en solution aqueuse concentrée. Ce mannose m'avait été envoyé gracieusement par M. Hudson, que je tiens à remercier ici.

On n'a pas obtenu de produit cristallisé; mais on a d'abord constaté que, sous l'action de la séminase, la rotation de la solution augmente peu à peu, tandis que le mannose diminue en quantité. Et, après avoir éliminé, par fermentation, le mannose resté libre, on a pu séparer un produit amorphe à pouvoir rotatoire de $+20°$. Celui du mannose est seulement de $+14°,4$.

Ce produit donnait une osazone soluble dans l'eau chaude et précipitable par refroidissement, et son pouvoir réducteur augmentait sous l'action de l'acide sulfurique étendu.

Il semble donc bien qu'il s'est formé sous l'action de la séminase, par réversibilité, un biose, le mannobiose.

XII

Messieurs,

Je vous ai exposé brièvement l'état actuel de nos connaissances sur la synthèse biochimique.

J'espère vous avoir convaincus que cette synthèse par les ferments est un gros chapitre de la Chimie organique.

Ce qui a été fait jusqu'ici n'en représente pour ainsi dire qu'un minime paragraphe. Ce n'est rien en présence de ce qui reste à faire.

On n'a étudié que les glucosides et galactosides d'alcools; et il y a les glucosides et galactosides de phénols, d'aldéhydes; les mannosides, les rhamnosides, les pentosides d'alcools, de phénols et d'aldéhydes.

Des polysaccharides possibles, on n'a préparé que quelques bioses du glucose et du galactose; il faudrait chercher comment on pourrait obtenir biochimiquement les bioses des autres aldoses, hexoses et pentoses, et, pour tous, les polyoses plus condensés qui paraissent exister en grand nombre dans la nature.

On ne s'est occupé que des glucosides simples, des polysaccharides simples, et l'on conçoit l'existence de glucosides mixtes, comme ceux que l'on pourrait obtenir avec des alcools-phénols : alcool salicylique, alcool vanillique, ou avec des alcools polyvalents : glycérine, etc., et aussi de polysaccharides mixtes : galacto-glucose.

C'est tout un monde à explorer. Assurément ceux qui s'y engagent doivent s'attendre à rencontrer parfois de grandes difficultés; vous avez vu, en particulier, que les expériences sont souvent de longue durée. Mais il faut se rappeler que non seulement ces études intéressent grandement la Chimie générale, mais encore et surtout qu'elles peuvent apporter de précieux renseignements sur la Chimie des êtres vivants.

Em. Bourquelot,
Membre de l'Institut.

REVUE DE GÉOLOGIE

I. — Nécrologie

Paul-Louis Choffat

Le 6 juin 1919, s'est éteint à Lisbonne, après une longue et cruelle maladie, le géologue suisse Paul-Louis Choffat. Né à Porrentruy, le 14 mars 1849, ce savant avait suivi, de 1871 à 1874, les cours de l'Ecole Polytechnique de Zurich, où il fut nommé privat-docent en 1875, puis en 1876 à l'Université.

Les premières publications de Choffat datent de 1874; elles ont trait à des recherches sur le Jura français et suisse. Ce sont des études sur l'orographie de la chaîne, des notes sur les étages séquanien, oxfordien et callovien du massif, et surtout un remarquable mémoire sur les niveaux coralliens dans le Jura. Un résumé très complet de ces travaux, paru, en 1875, dans les *Archives des Sciences physiques et naturelles*, marque une date dans la série des controverses que suscitait alors l'important problème de la distribution des faciès. Grâce à ses recherches et à celles de Marcel Bertrand était définitivement admise l'idée d'un mouvement vers le S.-E. de la limite des faciès septentrional et méridional, et à mesure qu'on monte la série stratigraphique. Le résultat en fut la suppression dans la nomenclature du terme d'étage corallien.

En 1879, il était attaché comme collaborateur au Service de la Carte géologique du Portugal, et c'est à l'étude des terrains jurassiques et crétacés de cette région qu'il consacrait ses premiers efforts. Les résultats de ses recherches étaient consignés dans une série de mémoires qui parurent de 1880 à 1904. Quelques-uns d'entre eux portent, à côté du nom de Choffat, celui de divers collaborateurs, entre autres celui du célèbre paléontologiste suisse Perceval de Loriol.

S'occupant spécialement de questions stratigraphiques, il s'intéressait surtout aux problèmes de paléogéographie et faisait dans cette voie d'intéressantes constatations, celle, par exemple, des faciès septentrionaux et méridionaux dans les mers des temps secondaires.

Nombreux et précis sont les travaux de Choffat sur la région portugaise. Nous renvoyons à la liste qu'il a publiée dans les « *Communications du Service géologique du Portugal* ». Il nous suffira de dire qu'il fut l'un des plus ardents pionniers de ce Service et que ses recherches, le plus souvent, devront servir de point de départ à toutes celles ayant pour objet la même contrée.

Nous ajouterons encore qu'une œuvre synthétique entreprise par lui, mais non encore éditée, est la *Carte des régions éruptives du Nord du Tage*, qui devait paraître à l'échelle de 1 : 100.000. Des circonstances indépendantes de sa volonté en ont retardé la publication. Espérons qu'elle

se fera bientôt; ce sera rendre un hommage mérité à la mémoire d'un savant modeste, dont les travaux consciencieux n'ont pas toujours été appréciés comme ils le méritaient.

Maurice Gennevaux

La Géologie française continue à être douloureusement frappée. A la liste déjà longue des jeunes géologues qui lui ont été enlevés par la guerre s'ajoute un nouveau nom : celui de Maurice Gennevaux, de Montpellier. Sa mort prématurée est due aux fatigues contractées dans les services hospitaliers auxquels il s'était spontanément consacré.

Gennevaux, qui fut pour moi non seulement un confrère mais un ami, s'était spécialement occupé de la géologie des environs de sa ville natale. En 1907, en collaboration avec M. Roman, de la Faculté des Sciences de Lyon, il publiait, dans le *Bulletin de la Société géologique de France*, un intéressant mémoire ayant trait à un gisement de Mammifères des environs de Montpellier, puis une note sur le Lias et le Bajocien du pic Saint-Loup.

Toutefois, son objet principal fut l'étude de la faune pliocène des sables de Montpellier; pendant vingt ans, il recueillit des débris de Vertébrés dans le célèbre gisement de la Pompiniane. Quelques mois avant la guerre, il découvrait un certain nombre d'ossements de Balénoptères et commençait la rédaction d'un mémoire sur ce sujet. Le manuscrit inachevé est entre les mains de M. Roman, qui compte le mettre au point et le publier.

Son activité géologique lui a permis de réunir une magnifique collection de fossiles provenant presque tous du département de l'Hérault. Elle est certainement la plus importante qui ait été faite à Montpellier, depuis Marcel de Serres.

Victor Commont

Un autre décès, encore indirectement dû à la guerre, est celui de Victor Commont, directeur d'écoles à Amiens. Il consacrait ses loisirs à l'étude des formations quaternaires de la Somme et des régions voisines du nord de la France. D'importants documents géologiques et archéologiques avaient été ainsi réunis par lui.

Un de ses principaux objectifs fut la recherche, avec le plus de précision possible, des altitudes des divers niveaux de l'industrie humaine et des couches qui les renferment. A l'aide d'un appareil portatif, il entreprit une série de sondages qui lui permirent de déterminer la composition et le profil original de la nappe de comblement actuelle.

Ses travaux lui survivront; c'est grâce à eux, a dit le général de Lamothe, que l'on connaît aujourd'hui, d'une façon à peu près certaine, la constitution des anciennes nappes alluviales de la Somme et la succession de leurs niveaux paléontologiques et archéologiques.

En 1917, deux notes de cet auteur publiées dans le *Bulletin de la Société géologique de France*, exposaient les résultats d'une exploration faite dans les tranchées de l'armée britannique, où avait été découvert un squelette de Mammouth, et ceux d'une étude sur les limons quaternaires de la Somme.

C'est en effectuant ces recherches que Commont contracta les germes de la maladie qui devait l'emporter. Sa mort est une véritable perte pour les sciences géologique et archéologique qu'il cultivait avec tant d'ardeur. Espérons que ses notes et manuscrits pourront être utilisés et que les importants matériaux qu'il avait réunis ne seront pas dispersés.

David Martin

Une figure de géologue des plus originales et des plus sympathiques, dirons-nous avec notre confrère W. Kilian [1], est celle de David Martin. — Né en 1842 à Saint-Jacques en Valgodemar (Hautes-Alpes), ce naturaliste avait passé une partie de sa jeunesse comme berger dans les pâturages les plus reculés du Dauphiné méridional. Une rencontre avec Ch. Lory, professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble, l'orienta définitivement vers la Géologie.

Devenu plus tard élève de l'Ecole normale d'instituteurs à Gap, puis répétiteur aux Collèges d'Embrun et de Gap, et enfin professeur au Lycée de cette dernière ville, il se consacra pendant de nombreuses années à l'exploration des formations glaciaires et fluvio-glaciaires du haut bassin de la Durance.

Le premier, il démontrait l'origine briançonnaise des dépôts glaciaires des environs de Gap et du col Bayard, en contradiction avec l'opinion de Rozet, qui attribuait ces formations à un glacier du Champsaur.

A lui est encore due la découverte d'horizons fossilifères dans le Nummulitique supérieur du Dévoluy, ainsi que celle d'un gisement de schistes houillers près de Saint-Etienne d'Avançon, et enfin la découverte de dépôts marins néogènes dans la grotte de Régallon (Vaucluse).

David Martin, avec lequel nous avons plusieurs fois discuté la question, ne voulut jamais admettre la notion des glaciations successives.

1. W. Kilian : David Martin (notice nécrologique). *Bulletin Soc. géol. de France*, 4e s., t. XIX, p. 121; 1920.

Cette manière de voir, qui n'a aujourd'hui plus d'adeptes, l'a empêché de tirer de ses observations les résultats importants qu'elles auraient comportés.

II. — Stratigraphie

§ 1. — Cambrien de l'Extrême Orient méridional

Le Service géologique de l'Indo-Chine, dont nous avons résumé les principaux travaux dans nos précédentes revues, continue, grâce à M. Mansuy[1], la série de ses publications toujours illustrées et imprimées avec le plus grand soin. Un important mémoire de cet auteur, consacré à la description des faunes cambriennes recueillies dans la région du Dong-quan (Tonkin septentrional) et dans la partie limitrophe du Yunnan septentrional, comporte quelques données stratigraphiques et paléogéographiques qu'il semble utile de faire connaître.

Tous les horizons reconnus font partie du Cambrien moyen (*Acadien*) et du Cambrien supérieur (*Potsdamien*), la partie inférieure du système n'étant pas représentée. Par leurs principaux caractères, les séries de l'Acadien et du Potsdamien, dans la Chine septentrionale ainsi qu'en Mandchourie, d'une part, dans la région qui comprend le Haut-Tonkin et les parties contiguës du Yunnan et du Kouang-si, de l'autre, ont donné des faunes du même âge et très similaires.

Quant à l'extension géographique et aux similitudes zoologiques des provinces cambriennes de l'Asie et de l'Amérique septentrionale, notre confrère se rallie aux idées de Walcott[2].

D'après ce savant, les recherches récentes sur les faunes cambriennes de la Chine et de Spiti ont permis de constater des différences assez marquées et assez générales, pour autoriser à les considérer comme appartenant à des provinces zoologiques distinctes.

La faune de Spiti, fait-il remarquer, est différente des faunes européennes septentrionales et méridionales. Elle se sépare aussi des faunes atlantiques de l'Amérique du Nord. « On est en droit de conclure, dit M. Mansuy, qu'aucun courant de migrations n'a fait communiquer les mers de la province atlantique avec les mers de la province du Punjab, pendant toute la durée des temps cambriens. Les relations faunistiques du Cambrien himalayen paraissent, au contraire, avoir lieu avec le Cambrien de la province pacifique et plus particulièrement avec la sous-province de l'occident de l'Amérique du Nord... Dans l'ensemble, *les faunes cambriennes de la Chine, de la Mandchourie et de l'Indo-Chine semblent constituer une région de la grande province pacifique.* »

D'autre part, le Cambrien moyen de la Chine septentrionale et du Tonkin se rattache à la province nord-atlantique, par l'intermédiaire de la province sibérienne. « Il convient d'insister sur ce point, écrit-il encore, qu'aucune espèce des genres précités n'est commune au Cambrien chinois et au Cambrien européen, non plus qu'au Cambrien sibérien et au Cambrien chinois. »

C'est donc par la région sibérienne que des courants de migration ont réuni les mers de l'aire pacifique aux mers de l'aire atlantique, probablement pendant toute la durée du Cambrien moyen.

Les affinités du Cambrien supérieur chinois avec le Potsdamien américain sont confirmées par la présence des genres *Ptychaspis* et *Illænenos*, bien représentés dans les deux régions.

En résumé, conclut le géologue de l'Indo-Chine, les faunes cambriennes de la province du Punjab (Spiti et Salt-Range) s'apparentent aux faunes cambriennes de l'Amérique du Nord, et sont sans relations avec les faunes cambriennes atlantiques. Quant aux faunes cambriennes chinoises très différentes, elles se rattachent à un degré limité aux faunes atlantiques par l'intermédiaire des faunes du Cambrien sibérien.

En terminant, il fait remarquer que les faunes primaires sont de moins en moins localisées, en s'élevant dans la série stratigraphique; il est inutile par exemple d'insister sur l'étroite ressemblance, dans leurs traits principaux, des faunes dévoniennes tant eurasiatiques qu'américaines.

Ces conclusions jettent un jour nouveau sur des questions très controversées; elles ont valu à leur auteur d'être élevé, cette année-ci, à la vice-présidence de la Société géologique de France.

§ 2. — Distribution du terrain carbonifère en France

La recherche de nouveaux gisements houillers, exploitables dans le sous-sol français, est actuellement à l'ordre du jour. Une étude d'une certaine importance, préparée à cette intention, vient d'être publiée par M. de Launay, professeur à l'Ecole nationale des Mines, qui, depuis plusieurs années, se consacre avec succès à

1. H. Mansuy : Faunes cambriennes de l'Extrême Orient méridional. *Mém. Serv. géol. de l'Indo-Chine, vol.* V, *fasc* 1. Imprimerie d'Extrême-Orient, 1916. (Distribué en France en 1919.)

2. Walcott : Cambrian faunas of China, 1905 ; The Cambrian fossils of Spiti, 1910.

l'exploration du massif central de la France[1]. Le nouveau mémoire de cet auteur[2] est riche en idées théoriques très suggestives, dont auront à tenir compte tous ceux qu'intéresse cet ordre de recherches.

La première partie de ce mémoire, qui fera seule l'objet de notre analyse, a trait à la distribution du terrain carbonifère en France; la seconde s'occupe du tracé plus ou moins hypothétique des sillons houillers dans le bassin de Paris et le bassin du Rhône. Nous ne nous en occuperons pas, les sondages en cours, aux environs de Lyon, ne permettant pas encore de formuler des conclusions absolument précises.

Un problème d'une portée considérable est de reconnaître ce que deviennent les sillons houillers entre les massifs aujourd'hui disjoints de l'ancienne chaîne hercynienne. La méthode, pour arriver à sa solution, consiste à essayer de suivre et d'interpréter les traînées houillères dans les régions découvertes ou mises à nu par les travaux, puis d'appliquer les mêmes conclusions aux régions cachées, en tenant compte de leur histoire géologique pendant les temps carbonifères.

On sait que cette ancienne période se signale par d'importants mouvements de plissements, appelés *hercyniens* par Marcel Bertrand. Toutefois, selon M. de Launay, on a généralement exagéré l'unité de la chaîne qui s'est produite à cette époque de l'histoire de la Terre. Celle-ci semble s'être édifiée par des vagues successives, jusqu'à un certain point indépendantes entre elles, et dans la mesure où l'ont été plus tard les vagues pyrénéennes, alpines et dinariques. — Le mouvement s'est espacé sur des temps qui, en France, commencent dès le Carbonifère inférieur (*Dinantien*), pour atteindre son paroxysme au Carbonifère moyen (*Westphalien*), et se poursuivre, en s'atténuant progressivement, jusqu'au Permien.

Un fait important a été mis en évidence : c'est que le Dinantien se rattache davantage à la période dévonienne, pour la terminer, qu'à la période stéphanienne, dont le sépare une discordance.

Peu de modifications dans la paléogéographie sont à indiquer du Dévonien inférieur au Dinantien. Trois sillons Est-Ouest se montrent avec incurvation hercynienne : 1° sur la Belgique, le Boulonnais et le sud de l'Angleterre; 2° sur les Vosges, le nord du Plateau Central et la Bretagne; 3° sur les massifs delphino-savoisiens et les Pyrénées.

Le premier sillon est un terrain marin riche en calcaires où l'on reconnaît l'activité des organismes constructeurs; le second occupe une dépression plus méridionale où abondent les produits volcaniques; le troisième, dans la région pyrénéenne, montre des assises dévoniennes (marbres-griottes) surmontées en légère discordance par du Dinantien marin[1].

Dès l'époque dinantienne, l'allure topographique du sol commençait à prendre une disposition hercynienne avec larges ondulations s'incurvant à l'Est et à l'Ouest, dans le sens de l'Ardenne et de la Bretagne. La mer y était localisée et une première ride, représentée par un chapelet d'îles, s'y était esquissée sur l'emplacement du Massif central français. Cette ride était accompagnée dans le sens du Nord par d'autres rides plus étroites et moins accentuées.

Pendant le Westphalien, des zones déprimées venant de la Bretagne passent sous le bassin de Paris, au nord du massif central, sans toucher à ce massif; elles s'infléchissent ensuite vers la Lorraine, particulièrement vers Saarbruck. Plus au Sud, cette ride du massif central a l'allure d'une haute chaîne avec quelques petits lacs de montagne. L'émersion, qui avait commencé dès le Dinantien, dans ce massif, progresse dans la direction septentrionale vers Saarbruck. Les saillies de la chaîne sont au Sud et au Nord, tandis que sur l'emplacement du bassin houiller franco-belge existent des lagunes en communication avec la mer. Aussitôt édifiées, ces saillies se détruisent et, dès la fin du Westphalien, le relief s'adoucit.

Avec le Carbonifère supérieur (*Stéphanien*) s'établit dans le Plateau central et ses abords un régime favorable à la formation de la houille, pendant que des plissements poussés jusqu'au *renversement* et au *charriage* se forment au Nord sur le bassin houiller franco-belge.

Cette histoire géologique des temps carbonifères esquissée, l'auteur examine plus spécialement les allures des affleurements houillers dans le Massif central, les Vosges et la Bretagne; il émet les conclusions suivantes :

1. Les études antérieures de cet auteur ont paru dans les numéros 30, 46 et 83 du *Bulletin des Services de la Carte géologique de France* : I. La vallée du Cher dans la région de Montluçon. — II. Le massif de Saint-Sauge et ses relations avec le terrain houiller de Decize. — III. Les roches éruptives carbonifères de la Creuse.

2. L. DE LAUNAY : Etudes sur le Plateau Central. IV. L'allure probable du terrain houiller entre le Plateau Central et les Vosges. *Bull. Serv. Carte géol. de France*, n° 138; 1919.

1. Dans la zone axiale du Briançonnais (Savoie, Dauphiné) dont M. de Launay ne fait pas mention, les mouvements tertiaires ont eu une si grande intensité (*déplacements horizontaux*) qu'il est souvent difficile, pour ne pas dire impossible, de les distinguer de ceux de l'époque primaire. Nous nous proposons de reprendre l'étude de cette question, car d'importants travaux de recherches ont été effectués récemment en Maurienne et en Tarentaise.

1° Les dépôts correspondent souvent à des remplissages de lacs localisés par des matériaux dont on peut fréquemment retrouver la provenance dans le voisinage. Les sillons houillers ont été plissés par une compression transversale intercalée entre le Stéphanien et le Permien.

2° Ces sillons diffèrent des synclinaux normaux par l'absence dans leurs fonds de certains terrains qui leur étaient antérieurs, comme le Dinantien ou le Dévonien. Le plus souvent, le fond en est formé par des gneiss, des micaschistes ou du granite.

3° L'épaisseur atteinte par les dépôts houillers prouve que leur fond s'approfondissait rapidement pendant la durée de la sédimentation, sous l'influence de la continuité des plissements.

4° Les bassins houillers sont dans les conditions les plus différentes par rapport aux terrains qui les ont précédés. Toutefois, certains d'entre eux, à l'Est du massif, ont un allongement marqué de direction hercynienne ; d'autres sont encastrés par des failles ayant joué à diverses époques.

5° Relativement à l'âge respectif des divers bassins dans le massif central, on constate, avec le temps, un déplacement du Sud-Est vers le Nord-Ouest.

6° Le Permien, tout en étant transgressif sur le Stéphanien, occupe généralement les mêmes dépressions.

D'autre part, si nous considérons spécialement le Stéphanien productif, nous remarquons qu'il se présente de deux façons : 1° à l'état de petits lacs épars (Commentry, Ahun, Brassac, Prades, etc.); 2° à l'état de sillons présentant une continuité, pouvant s'étendre parfois sur plus de 100 km. (bassin de Saarbruck, du Creusot, de Saint-Eloy, Saint-Etienne, et en Vendée Chantonnay-Saint-Louis). Quant aux couches de houille, elles se présentent habituellement avec des allures localisées et lenticulaires. Nous devons insister sur ce fait que l'on ne trouve jamais de vrais synclinaux houillers dans le massif central ; la coupe réelle est presque toujours dissymétrique. Le plus souvent, les couches charbonneuses existent d'un seul côté. Lorsqu'on en retrouve d'autres, sur le bord opposé, elles appartiennent ordinairement à un niveau différent.

Comme déductions pratiques, on doit s'appuyer, pour chercher le passage en profondeur des sillons houillers, sur des raisons de continuité combinées avec l'étude des répartitions des terrains primaires à la superficie, et avec l'examen des plis posthumes dans les assises qui les recouvrent. C'est en procédant d'après ces principes que, dans la seconde partie de son mémoire, le savant professeur a pu déterminer quelques emplacements rationnels de sondages dans la cuvette du bassin de Paris.

§ 3. — Les terrains crétacés de la région d'Hendaye[1].

Les études pétrographiques des roches sédimentaires, — dont l'ouvrage de M. le Professeur Cayeux indiquait récemment les méthodes, — se sont enrichies d'un remarquable mémoire de M. Jacques de Lapparent, qui jette un jour particulier sur la formation du Flysch pyrénéen. Il mérite d'être résumé avec soin, car, comme l'a dit M. H. Douvillé, il ouvre, pour ainsi dire, un nouveau chapitre de l'histoire de la Terre.

Le Flysch des Pyrénées, d'âge crétacé, présente un intérêt spécial par suite de la présence de conglomérats interstratifiés au milieu des couches qui le composent. C'est à en déterminer pétrographiquement les assises et à retracer l'histoire de la sédimentation à l'époque où ils se sont déposés que l'auteur s'est attaché.

La région qui a fait plus spécialement l'objet de ses recherches est la région d'Hendaye, que le massif de Béhobie sépare de la région d'Urrugne. Tout ce qui, géographiquement, est situé à l'Ouest et au Nord-Ouest de ce massif appartient au pays d'Hendaye. Sa topographie indique les caractères d'une contrée récemment soulevée et incomplètement attaquée par l'érosion. On a la preuve directe du soulèvement, nous dit l'auteur, dans un diluvium ancien, qui s'observe à l'altitude d'environ 50 mètres aussi bien du côté d'Hendaye (Larroun) qu'entre Haicebéa et Saint-Jean-de-Luz.

Le premier chapitre du Mémoire est consacré à l'étude de quelques Foraminifères rencontrés dans les roches étudiées. Une première constatation est d'abord établie : c'est que, parmi ces Foraminifères, la *Pulvilunila tricarinata* Querau, si abondante dans le Crétacé des Alpes, est identique à la *Rosalina Linnei* d'Orbigny, comme l'avait soupçonné M. Cayeux. Ce qui caractérise essentiellement cet organisme, c'est la forme de sa loge, « sorte de petite boîte à pilules, dont le couvercle creusé ou bombé est plus ou moins soulevé ». Il est à remarquer que ces Rosalines sont associées à des restes d'algues ; il paraît à peu près certain qu'elles vivaient sur ces algues et que celles ci leur servaient de support.

Les premières assises qui contiennent ces organismes sont d'âge cénomanien ou turonien ;

1. Jacques de Lapparent : Etude lithologique des terrains crétacés de la région d'Hendaye. *Mémoires pour servir à l'explication de la Carte géologique détaillée de la France.* Paris, Impr. nat., 1918.

on ne les trouve que dans les faciès bréchiques. Lorsque cessent les brèches, les calcaires schisteux à *Cancellophycus* se développent et on trouve alors la *Rosalina Stuarti*, mutation à loge conique de la *Rosalina Linnei*, ainsi qu'une mutation à loge calciforme de la même espèce.

Les Rosalines ne sont pas les seuls Foraminifères rencontrés; on trouve encore toute une série de très petites espèces à coquilles d'une seule loge. Il s'agit de la *Lagena sphærica*, « dont la coquille est recouverte d'une très fine coque de calcaire, qui ne paraît pas perforée, de la *Lagena gracillina* Seg. et de la *Lagena ovalis* Kauf. »

Il faut retenir de l'étude de ces Lagenas, dit l'auteur, que des êtres unicellulaires, dont la coquille est réduite à une seule loge, ont laissé les traces d'une microstructure compliquée, là où l'on devait s'attendre à trouver le maximum de simplicité.

Le second chapitre est consacré à l'étude du massif de Béhobie. C'est à Béhobie même, dans les carrières ouvertes au bord de la Bidassoa, que sont pris les types de roches permettant de définir des entités lithologiques importantes.

Dans ces carrières alternent des bancs gris foncé, des bancs clairs et des bancs de conglomérats.

Examinons d'abord les bancs clairs. Ils consistent en une multitude de petites dragées d'un blanc laiteux, soudées entre elles par un ciment cristallin de calcite. A ces grains, dont on peut distinguer 3 sortes (dragées, petits galets et grains irréguliers), sont associés des éléments accessoires : Miliolidés, Orbitolines complètement siliceuses, ainsi que des débris de roches anciennes. On trouve encore des cristaux de quartz, des sphérules de calcédoine et de feldspaths.

Les calcaires gris foncé ou noirâtres sont fétides; il n'est pas rare de trouver parmi les éléments des petits morceaux de charbon, anthracite ou houille. Parfois, ils sont chargés de cordons de silex, qui se tiennent dans le banc à la même hauteur, mais les assises où ils abondent sont alors de teinte moins foncée. Ces silex se sont formés *in situ*. En effet, dans le calcaire et dans le silex se trouvent des organismes identiques. De plus, les silex emprisonnent les mêmes calcaires que ceux des bancs.

Les conglomérats sont représentés par des poudingues, dont les principaux éléments sont des galets de quartzite, du quartz blanc filonien et des morceaux de schiste noir satiné, de schistes charbonneux, de schistes micacés dolomitiques, des grès à ciment calcaire, des blocs de calcaires à Orbitolines et dans les bas niveaux des morceaux d'ophite. — Ces poudingues se caractérisent encore par des galets de roches plus anciennes et par des galets d'une roche contemporaine.

Au-dessus et au-dessous des poudingues, et en bancs réguliers, existe un calcaire à grain de pierre lithographique. On trouve les *Lagena orbilunaria* et *ovalis*, auxquels sont associés de petites Globigérines et de petits Textilaires bulleux ainsi que des spicules d'Eponges. Ces derniers peuvent devenir abondants et la roche se caractérise alors comme « calcaire à spicules ».

Comment se représenter le phénomène qui a motivé les rapports de formation de ces diverses entités lithologiques ? Il me semble entrevoir, écrit notre confrère, l'action d'une oscillation du niveau marin : un *flux* emportant avec soi toute une masse d'organismes, algues et foraminifères vivant sur ces algues, débris d'éponges siliceuses; un *reflux*, balayant près du rivage les matériaux accumulés, les entraînant avec soi, les classant et les étalant sur le fond, fabriquant en quelque sorte près de la côte le poudingue, plus loin des graviers à débris de schistes, cependant que se précipite pendant la durée de l'oscillation la masse de matériaux venus avec le flux. La répétition constante de cet épisode est, je crois, toute l'histoire du sédiment que nous étudions.

Le troisième chapitre est consacré aux couches grises d'Ilaicebéa. Elles consistent en : 1° Calcaires gris à *Cancellophycus* et calcaires gris durs ; 2° Brèches ; 3° Dalles rubanées.

1° Ce sont des bancs d'une roche teintée de gris, souvent d'un gris foncé, dont la cassure est esquilleuse et conchoïde. On y rencontre ces grandes algues à thalle profondément lobé et enroulé en hélice appelées *Cancellophycus* par de Saporta. Au microscope, ces calcaires se montrent constitués par de fins spicules d'Eponges monoaxes, tous transformés en carbonate de chaux, et de très petits *Lagenas*. Il y a parfois quelques individus d'une petite Globigérine et de *Textilaria globifera* Reuss.

2° Sous le nom de « brèches » est désigné un complexe interstratifié formé d'éléments hétérogènes, dont les matériaux sont anguleux mais à angles émoussés. Ils donnent à ce complexe une teinte verte, et ils nagent dans une pâte formée d'un calcaire finement gris micacé ou d'un calcaire cristallin, qui contient alors des débris de *Rosalina Linnei* d'Orb.

3° Les dalles rubanées constituent un ensemble surmontant les brèches, faisant saillie au milieu des couches encaissantes et se débitant en dalles. Elles peuvent se différencier en 3 types : le Calcaire à Rosalines, le Calcaire à Lagénas, et le Calcaire à Spicules.

Il est à noter, au sujet des relations des calcaires gris, des dalles rubanées et des brèches, que le mur de la dalle rubanée est formé par de la brèche et le toit par le calcaire. Quant aux calcaires gris durs, ils n'ont avec les entités précédentes aucunes relations précises ; ils sont généralement situés entre deux lits schisteux.

Ajoutons que les calcaires gris durs des couches grises d'Ilaicebéa et les calcaires compacts du massif de Béhobie sont lithologiquement équivalents.

Les couches des deux régions semblent appartenir à deux séries du même âge, mais les premières sont des matériaux de formation littorale et les secondes des matériaux de formation marine.

Le quatrième chapitre a pour objet l'étude des couches rouges de la baie de Loya. Le passage de ces couches aux couches grises se fait par des sédiments de 10 mètres d'épaisseur. Vers le sommet de ceux-ci s'intercale une brèche présentant avec celle des couches rouges d'importantes différences et se rattachant aux grosses brèches des couches rouges.

Notons, en outre, que dans ces couches le faciès à *Cancellophycus* est caractérisé par la présence de *Rosalina Linnei* et par l'abondance d'individus complètement développés de *Textilaria globifera* Reuss. et de la petite Globigérine. De plus, ces couches de la baie de Loya passent, en certains points, à des calcaires durs.

Toutefois, ce sont les brèches qui sont l'entité caractéristique de cet horizon. Elles forment à une place ou l'autre des sédiments interstratifiés composés de matériaux hétérogènes. Ces matériaux sont d'origine variée : ce sont ou des roches cohérentes, ou des éléments de roches, ou des organismes. Parmi ces derniers dominent les Foraminifères ; l'un d'eux se présente comme caractéristique du faciès. M. de Lapparent le nomme *Rotalina Cayeuxi;* mais ce Foraminifère n'existe pas à l'exclusion de tout autre. On trouve toujours la *Rosalina Linnei*, et on peut signaler encore la fréquence de tous les Lagénas, principalement de *Lagena sphærica*, *L. orbilunaria*, *L. diffringens*.

Une zone à grands Inocérames (*Inoceramus Cripsii*) représente un horizon immédiatement supérieur à celui de la brèche de l'îlot de la baie de Loya et comprend des sédiments de nature variée, mais qui tous ont le caractère d'être schisteux et parfois gréseux.

C'est ensuite au-dessus de cette zone que viennent les couches de la pointe Sainte-Anne, étudiées dans le cinquième chapitre. Elles ne contiennent pas de brèches et se présentent sous deux formes, celle d'un calcaire schisteux et celle d'un calcaire dur. Dans les couches inférieures des unes et des autres, on trouve des *Stegastors*, et ce sera leur caractéristique paléontologique. Quant aux couches supérieures, elles ne possèdent pas d'espèces caractéristiques.

Comment peut s'écrire l'histoire sédimentaire des formations rencontrées ?

Elle est dominée, dit l'auteur, par l'épisode qui a produit les brèches, et cet épisode peut s'expliquer de la façon suivante : à une certaine distance des rivages se développèrent des prairies d'algues, au-dessus desquelles des courants amenèrent de petits organismes, qui se déposèrent, contribuant à former les couches à *Cancellophycus* et les calcaires durs qui leur sont associés. En haute mer, se constitua une ride et les courants devinrent violents et démantelèrent cette ride pendant sa formation. Les matériaux furent poussés vers le rivage, en même temps que le plankton formait vers la côte les dalles rubanées. Des récifs s'installèrent sur la ride et ces récifs, quand la ride s'accentuait, furent eux-mêmes démantelés ; leurs matériaux se mélangèrent à ceux de la ride pour former la brèche.

L'oscillation du niveau marin et les courants qui poussaient le plankton au rivage modifièrent la nature des dépôts littoraux qui s'y étaient développés. Se constituèrent alors les entités lithologiques du massif de Béhobie et en particulier les bancs de calcaires graveleux à silex. Ensuite, au-dessus des couches de Loya, la sédimentation s'effectua d'une façon plus calme, et jusqu'au Danien il ne se forma plus que des calcaires à *Cancellophycus* et des calcaires durs.

A l'époque où se constituèrent ces dépôts, la vie en mer et sur les rivages était d'une grande fécondité ; c'était l'ère des Rosalines et des Lagenas. « Cependant, ajoute notre confrère, si nous avons été amenés à juger que certains faciès représentaient des sédiments consolidés à une profondeur relativement grande, il nous a semblé que toutes les formations s'étaient faites non loin du rivage. Le niveau de la mer oscillait, et tel sédiment dont la majeure partie des matériaux eût fait un dépôt littoral devenait dépôt profond ; puis, à nouveau, les conditions redevenaient littorales, et l'épisode se reproduisait dans le même sens pour le dépôt suivant. »

M. de Lapparent fait remarquer, en terminant, qu'aucun phénomène actuel ne paraît comparable à ces phénomènes du passé.

M. Henri Douvillé a fait observer qu'une liaison serait possible entre la formation des brèches et les secousses sismiques ayant affecté l'écorce terrestre. Les éléments de ces brèches sont souvent d'une taille considérable, pouvant atteindre

jusqu'à 10 m³. Or, la vague produisant de pareils effets est la vague de fond d'un *raz de marée* qui accompagne les tremblements de terre. Chaque banc de brèche correspondrait à une secousse de l'écorce terrestre, dont l'importance serait en relation avec l'épaisseur de la couche de brèche.

Nous savons, d'autre part, que, dans l'intervalle des mouvements de plissement et de charriage, se sont intercalés des mouvements d'affaissement et de soulèvement appelés *mouvements épirogéniques*. Ils étaient accompagnés de tremblements de terre plus ou moins importants et ces mouvements s'effectuaient par intermittences et saccades.

« Les brèches, conclut le savant professeur, sont le résultat de soubressauts de l'écorce terrestre, pendant les mouvements épirogéniques [1]. »

C'est donc bien, comme nous le disions en débutant, un nouveau chapitre de l'histoire de la Terre qu'ouvrent les études de M. Jacques de Lapparent. Cet auteur continue dignement les travaux de son illustre père, le regretté professeur de l'Institut catholique de Paris.

§ 4. — Le Marais Poitevin[2]

Les mémoires géologiques ayant pour objet l'étude de « *terrains modernes* » sont jusqu'ici peu nombreux, malgré leur utilité incontestable, au point de vue agronomique et géographique. C'est à une étude de ce genre qu'est entièrement consacré un travail de M. Jules Welsch, professeur de Géologie à l'Université de Poitiers.

La majeure partie du territoire étudié répond à la feuille de Fontenay-le-Comte de la Carte géologique au 80.000ᵉ ; elle se trouve partagée entre les départements des Deux-Sèvres, de la Vendée et de la Charente-Inférieure. Elle constitue une région naturelle (« le *Marais Poitevin* »), qui se distingue nettement des régions calcaires voisines.

D'une façon générale, le Marais représente un ancien golfe où débouchaient un certain nombre de rivières; ce golfe a été comblé depuis les temps tertiaires par des alluvions quaternaires et récentes d'origine marine, lacustre et fluviatile. C'est une baie actuellement comblée dont la masse principale est une *argile marneuse* à *Scrobiculaires*, d'un gris bleuâtre, appelée *bri* dans le pays. Cette alluvion moderne (a^{2b}) ou bri s'appuie souvent, au Nord et au Sud, sur les coteaux calcaires du Jurassique. Par contre, sur la bordure, surtout à l'Est et au Sud-Est, les caractères changent; des *terres noires tourbeuses* d'origine fluviatile recouvrent le bri marin : ce sont des *alluvions modernes* (a^{2a}), se continuant dans le fond des vallées voisines, où le bri ne se rencontre pas.

Au milieu du marais, existent des mamelons le dominant parfois d'une certaine altitude; ce sont les « *îles* » : les unes formées de calcaire jurassique, les autres de cailloux et graviers quaternaires. Il y a également à signaler des alluvions anciennes (a^{1b}), composées de sables argileux et de graviers roulés, dont les éléments sont d'origine continentale et fluviatile. Elles semblent se continuer par les *alluvions anciennes* (a^1) du fond des vallées actuelles.

Des études comparées faites par l'auteur sur les régions de Belgique, d'Angleterre et d'Ecosse lui ont permis de faire une constatation intéressante. C'est l'identité des dépôts récents qui ont formé les marais maritimes du Nord-Ouest, à partir de la frontière d'Espagne.

Abordant ensuite l'étude détaillée du littoral du Marais, il établit que la côte se partage en deux régions distinctes : 1° l'Anse de l'Aiguillon, de la Pointe de Saint-Clément d'Esnandes (Charente-Inférieure) à la Pointe-de-l'Aiguillon (Vendée), qui est couverte de vases marines; 2° la côte sableuse, bordée de dunes, qui va de la Pointe-de-l'Aiguillon par la Pointe-de-la-Roche (Arçay) jusqu'à la Tranche et vers Longeville. Quant au littoral proprement dit, il comprend vers la mer, une plage sableuse, et vers la terre présente une petite chaîne de dunes, dont la largeur est variable, dépassant parfois 2 km. Elles sont du même âge et récentes.

Au point de vue de son âge, l'argile marine du marais poitevin est également une *formation récente*, qui continue à se déposer dans l'Anse de l'Aiguillon. L'organisme qui caractérise cette argile est le *Scrobicularia plana;* on peut citer encore le *Cardium edule*, l'*Ostrea edulis*, mollusques qui, avec les Scrobiculaires, vivent encore dans les mers voisines.

Il y a, en outre, à signaler l'existence d'anciens cordons littoraux formés de sables et graviers avec coquilles marines, dont l'épaisseur ne dépasse pas quelques mètres. Ils se trouvent en bordure sur les îles du Marais, marquant le tracé de l'ancienne côte et s'enfonçant sous le bri.

1. La même interprétation semble pouvoir s'appliquer aux brèches de la zone des Préalpes décrites par M. Lugeon sous le nom de « *Brèches du Chablais* », qui renferment parfois des éléments très volumineux, provenant de rides géanticlinales des mers des Préalpes médianes, aux temps secondaires. Toutefois, il serait imprudent de trop généraliser et certains conglomérats d'origine fluviatile, lacustre ou continentale ne comportent pas les mêmes conclusions.

2. Jules Welsch ; Le Marais Poitevin (Etude de terrains modernes). *Bull. Serv. Carte géol. France*, n° 137, t. XXIII; Paris, 1919.

Ces cordons littoraux antérieurs au bri dépendent plutôt des alluvions anciennes. Leur âge est difficile à préciser; rien ne permet d'affirmer leur attribution au Quaternaire ou au début de la période moderne.

De plus, sur la partie culminante des « *Iles* » du Marais, existent fréquemment les restes d'un ancien terrain de transport composé de sables avec argiles terreuses, galets de quartz et débris siliceux arrachés aux formations antérieures. Les gisements sont isolés à la partie supérieure de certaines îles, ainsi qu'à la partie supérieure des coteaux qui les bordent.

Cette formation peut se suivre jusque sur le seuil du Poitou, où elle constitue un *terrain de transport des plateaux;* elle va jusque vers le Limousin, où elle atteint 200 mètres. En de nombreux points, il y a des passages par terrasses successives de plus en plus basses entre ce terrain de transport des plateaux et celui du fond des vallées.

Si nous essayons avec l'auteur de retracer les diverses phases qui ont formé le Marais, en laissant de côté les dislocations antérieures, nous dirons qu'avant le terrain de transport des plateaux, la région constituait déjà une immense plaine. Quant à ce terrain, c'est une formation continentale d'âge pliocène, antérieure au principal creusement des vallées du Poitou, de l'Aunis et de la Saintonge, ainsi qu'à la formation du Marais lui-même et à la séparation des îles de Ré et d'Oléron.

Dans le Marais, sur l'île de Maillezais (14 m.), au moulin Milord et à la Croix de Maillé s'observe un gisement marin isolé que l'on peut rapporter au Pliocène supérieur. Il indique une incursion de la mer dans la région et un déplacement de lignes de rivage dépassant de 14 m. l'état de choses actuel. Cette incursion est due à une série de mouvements, commençant les dislocations qui ont produit la séparation des îles. Depuis le dépôt de ces formations marines, il y a eu un soulèvement de 20 m. environ, qui a occasionné de puissantes érosions dues aux cours d'eau.

Après le dépôt des couches de Maillezais, de nouvelles dislocations se produisirent, amenant la formation des Pertuis breton et d'Antioche. Des failles avec effondrement occasionnèrent la fragmentation du massif jurassique, qui existait sur l'emplacement du Marais actuel; la mer pénétra jusque vers Irleau, formant le golfe du Poitou. L'érosion continentale et l'érosion marine furent alors très actives, et c'est l'époque du creusement des vallées de la « Sèvre » et de ses affluents.

Dans le Poitou et les Charentes, les alluvions du fond des vallées à *Elephas antiquus* et *Elephas primigenius* caractérisent le Quaternaire; l'époque du principal creusement lui est donc un peu antérieure. De plus, il est à remarquer qu'il y a une discordance de situation entre les cailloux roulés du Pliocène du Plateau sur le sommet des îles et le cordon littoral quaternaire qui existe à la base de ces coteaux.

Enfin, un changement de régime s'effectua postérieurement. Il coïncide avec la fin de l'époque glaciaire du Nord et, d'une façon générale, avec la fin des temps quaternaires. Le golfe du Poitou fut comblé par les dépôts de cette vase marine appelée « *argile à Scrobiculaires* » (*bri*) et par des dépôts d'alluvions fluviatiles et lacustres avec tourbe, dans certaines anses du golfe. Ces dépôts se continuent encore actuellement.

III. — Tectonique

§ 1. — Phénomènes de charriage sur les flancs du Plateau central

Deux des maîtres les plus éminents de la science française, Munier-Chalmas et Marcel Bertrand[1], ont émis l'idée, il y a près de vingt ans, que des phénomènes de charriage s'étaient produits sur les flancs du Plateau central, aux environs d'Alais et de Valence. Ils concluaient à des *déplacements tangentiels* venus des Alpes, qui s'étaient propagés jusqu'aux Cévennes, à travers la vallée du Rhône.

Emise devant la Société géologique de France, cette manière de voir reçut l'adhésion d'un autre maître, Albert de Lapparent. Elle vient d'être brillamment confirmée par les recherches récentes de MM. Pierre Termier, Georges Friedel et Paul Thierry.

D'après ce dernier[2], les superpositions anormales signalées sur la feuille d'Alais, entre cette ville et Saint-Ambroix, — considérées comme dues à des fractures, dont la plus méridionale a été appelée « *faille des Cévennes* », — s'expliquent tout naturellement par des *déplacements horizontaux;* elles sont caractéristiques d'une série sédimentaire affectée de charriage.

Cette interprétation a été également admise par MM. Termier et Friedel[3]. Les blocs urgoniens

1. Munier-Chalmas : Sur les accidents stratigraphiques des terrains secondaires des environs de Valence. Observations de Marcel Bertrand et d'Albert de Lapparent. *Bull. Soc. géol. de France*, 3e s., t. XXVIII, p. 67; 5 février 1900.

2. Paul Thierry : Nouvelles observations sur le système d'accidents géologiques appelé « Faille des Cévennes ». *C. R. Ac. Sc.*, t. CLXVIII, p. 902; 5 mai 1919.

3. P. Termier et G. Friedel : Les débris de nappes ou klippes de la plaine d'Alais, lambeaux de calcaire urgonien mylonitique posés sur l'Oligocène. *C. R. Ac. Sc.*, t. CLXVIII, p. 1034; 26 mai 1919.

brisés (*mylonite*) disséminés dans la plaine tertiaire des environs d'Alais *sont posés* sur l'Oligocène ; ils ne sont pas *enracinés*.

L'un de ces blocs, celui de la Liquière, montre nettement les conditions de sa superposition au Tongrien. On voit entre la mylonite urgonienne et les assises tongriennes, qui *passent sous elle*, s'intercaler une zone de mélange mécanique où des fragments très gros d'Urgonien brisé sont enrobés dans les argiles du Tongrien. Ces blocs sont les témoins d'une nappe charriée qui a recouvert l'Oligocène et que l'érosion a presque entièrement détruite. Ils sont assimilables aux klippes des Alpes et des Carpathes; cette structure est la conséquence du prolongement jusqu'au bord du Plateau central des mouvements alpins.

Quelle est l'origine de la nappe des klippes de la plaine d'Alais, s'est demandé M. Termier[1] ? Est-elle sortie de la région où coule le Rhône depuis les temps pliocènes, ou est-elle venue des Alpes, en passant par-dessus le pays rhodanien ?

Des observations faites aux environs d'Avignon donnent la clef du problème. En effet, sur la rive droite du Rhône, s'observe, sur la route conduisant de cette ville à Aramon, *une mylonite de calcaire néocomien*, qui repose soit sur le Néocomien brisé, soit sur le Néocomien intact. Quant à la Mollasse miocène, elle recouvre indifféremment le Néocomien intact ou la mylonite et elle est à peu près horizontale ; les phénomènes de transport qui ont donné naissance à cette mylonite sont donc anté-mollassiques.

De plus, une zone d'Urgonien mylonitique, inclinant au S.-E., presque cachée par le Pliocène et le Quaternaire, se prolonge le long du bord du plateau urgonien, de Nîmes à Châteauneuf-Calcernier, correspondant à l'affleurement d'un accident tectonique, de direction 55° Est.

La parallélisme de cette zone mylonitique et de celle d'Aramon prouvent que les deux zones jalonnent des accidents de même nature. Ces accidents sont des *surfaces de charriage*, planes sur de vastes espaces, et qui inclinent au Sud-Est. — Ces surfaces sont analogues à celles qui séparent les unes des autres les écailles du pays d'Alais ; leur direction est, à peu de chose près, identique.

Le territoire qui est devenu la vallée rhodanienne se fait remarquer par des plis tangentiels produits entre l'Aquitanien et l'Helvétien; ils sont analogues à ceux de la région d'Alais. L'origine de ces derniers serait dans la vallée du Rhône, et le cheminement des nappes d'environ 50 kilomètres.

Les conclusions que nous venons d'exposer sont complétées par deux études non moins suggestives de MM. Termier et Friedel[1] sur la structure du bassin houiller du Gard, où s'observent encore des plissements et des charriages que ces savants considèrent comme des mouvements alpins d'âge miocène.

La partie de ce bassin qui est au Nord du parallèle de Laval, et qui comprend la région de la Grand'Combe, à l'Ouest du promontoire de micaschistes de Rouvergue, et la région Cèze-Auzonnet à l'Est, offre des témoins de *phénomènes de charriage*. Dans la partie nord, il n'y a d'autochtone que l'étage ou faisceau dit de « la Grand'Combe ». Ce faisceau est ce qu'il y a de plus jeune dans le bassin ; sur lui, repose par *charriage* le paquet dit de « Ste-Barbe » charrié du Sud-Est. Dans la région Cèze-Auzonnet, sur le même autochtone viennent aussi du Sud-Est deux paquets *charriés :* le paquet inférieur est l'écaille de Bessèges ; le paquet supérieur comprend le stérile de Gagnières et au-dessus les faisceaux dits « Gagnières-Gras », « Molières » et « Saint-Jean de Valériscle ».

Au sud du parallèle de Laval, les écailles houillères se cachent sous les morts-terrains et le Houiller ne reparaît qu'aux environs d'Alais.

Comme, d'autre part, nous savons que les terrains secondaires et tertiaires, sous lesquels s'enfonce le terrain houiller, ont également une structure en écailles superposées, nous pouvons dire qu'il y a dans cette région d'Alais, et *posés* l'un sur l'autre, deux pays de même style tectonique : le pays houiller et le pays formé de terrains secondaires et tertiaires. Une différence structurale est cependant à noter : c'est qu'il y a souvent des plis couchés dans le Houiller, tandis que des plis de cette nature sont rares dans les assises secondaires. Cette différence s'explique par l'inégalité de la plasticité. Quant au contact des deux pays, *c'est une surface de charriage*.

Doit-on admettre que ces plissements et charriages sont d'âge différent ? Les deux auteurs ne le pensent pas. D'après eux, tout cela est du même âge. Cette interprétation leur est suggérée par les coupes de la région de Rochebelle. Ces coupes montrent l'harmonie des mouvements du Houiller et du Secondaire.

1. P. Termier : Phénomènes de charriage d'âge alpin dans la vallée du Rhône, près d'Avignon. *C. R. Ac. Sc.*, t. CLXVIII, p. 1919; 30 juin 1919.

1. P. Termier et G. Friedel : Sur la structure du bassin houiller du Gard. *C. R. Ac. Sc.*, t., CLXIX, p. 572 ; 3 novembre 1919. — Id. : Que les plissements et les charriages qui ont accidenté le bassin houiller du Gard sont très probablement des mouvements alpins d'âge miocène. *C. R. Ac. Sc.*, t. CLXIX, p. 1371 ; 21 déc. 1919.

Le fait capital est la pénétration du Trias *sous* le Houiller et *sous* les micaschistes, au bord occidental du bassin houiller, près de Troquette. Elle se manifeste encore au fond du ravin de Vent-Malette, par l'apparition du terrain triasique en « fenêtre », dans une déchirure des assises houillères. Ce traînage s'est effectué du S.-E. au N.-O.; c'est un mouvement d'âge miocène inférieur, contre-coup des derniers mouvements alpins.

C'est là une conclusion importante ; la plupart des géologues admettaient jusqu'ici que les mouvements tertiaires, aux abords du Massif central, se réduisaient à des déplacements verticaux.

§ 2. — La région silurienne du Sud de Rennes (nappe de la Vilaine)[1]

La région de la Vilaine, au sud de Rennes, — dont le sous-sol est constitué par le Cambrien et le Silurien subhorizontaux qu'entourent à l'Ouest, au Nord et à l'Est les assises subverticales de l'Algonquien (schistes de Rennes) — était considérée par les géologues comme très simple, au point de vue tectonique.

En réalité, il n'en est rien; l'étude du contact Algonquien-Cambrien et la présence de mylonites schisteuses permettent de conclure, d'après M. Kerforne, professeur à la Faculté des Sciences de Rennes, à l'existence de *phénomènes de charriage*.

Commençant l'étude du contact par le Sud-Ouest, cet auteur nous apprend que la branche méridionale du synclinal de Segré n'atteint pas Port-de-Roche et que sur les bords de la Vilaine jusqu'à Sainte-Anne-sur-Vilaine et la Taberge, c'est sur l'Algonquien redressé que reposent les grès armoricains (Ordovicien). Le Cambrien est absent; il y a ici une lacune qui se retrouve sur tout le parcours s'étendant de la vallée de la Vilaine à Bain-de-Bretagne.

Par contre, au Rocher d'Uzel, bordant la vallée de la Vilaine au Nord, s'observe le contact avec le Cambrien. Au-dessus des schistes algonquiens passent des bancs schisteux écrasés, verdâtres et rosés, véritables *mylonites schisteuses*. Elles sont la preuve indéniable, écrit notre confrère, d'un *mouvement de charriage;* elles se retrouvent en de nombreuses localités.

La butte de Coëtquidan consiste en couches presque horizontales de Cambrien, surmontées de grès armoricains de peu d'épaisseur, ayant la même disposition et reposant sur des couches algonquiennes redressées. Ce contact doit encore être interprété comme dû à un *charriage* parce que les poudingues pourprés sont très réduits, paraissant n'exister que par lambeaux.

De Coëtquidan à Montfort-sur-Meu, la ligne de contact est ondulée et on constate facilement la disposition tabulaire du Cambrien et de l'Ordovicien. Un fait intéressant est à signaler : c'est que le Cambrien montre des affleurements où s'observe l'association des plans de stratification sub-horizontaux et des plans de schistosité subverticaux. Un autre fait non moins important se remarque sur la route de Montfort à Monterfil : c'est le contact du Cambrien et de l'Algonquien ayant lieu suivant une faille très inclinée, et montrant ainsi l'existence d'une poussée du Sud vers le Nord.

D'autre part, sur la rive gauche de la Vilaine, les affleurements cambriens sont séparés de ceux de la rive droite par une faille presque orthogonale dans laquelle coule la rivière, et le compartiment oriental est rejeté au Nord.

Des mylonites s'observent encore dans une carrière ouverte près du Bois-Esnault, à la limite du Cambrien et de l'Algonquien. On a ici sous le Cambrien, dont la base manque, des roches écrasées et un déversement vers le Nord, indiquant un mouvement de charriage dirigé du Sud au Nord.

Le professeur de Rennes croit pouvoir avancer, avec MM. Termier et Jourdy qui l'ont accompagné, que « les *couches cambriennes et siluriennes, presque horizontales, de la vallée de la Vilaine ne sont pas en place* ».

Passant ensuite à l'étude du bord méridional de l'anticlinal de Châteaubriand, M. Kerforne a retrouvé les poudingues pourprés et les schistes rouges au-dessous des grès armoricains à *Dinobolus*, depuis Châteaubriand jusqu'au nord d'Angers. Cette formation est très uniforme; elle représente le niveau des poudingues pourprés et des schistes rouges de la région de la Vilaine. Il n'y a pas ici de roches écrasées au contact, mais étant donné ce qui s'observe ailleurs, ce ne peut être qu'un *contact anormal*. — C'est ensuite au Sud que se trouve le synclinal très développé de Saint-Julien-de-Vouvantes.

De tous ces faits, une conclusion s'impose, écrit l'auteur; « c'est que le Cambrien, et le Silurien qui le surmonte en concordance absolue, ne sont pas en place, mais constituent le flanc normal d'une nappe de charriage venant du Sud, dont l'âge ne peut être qu'armoricain (hercynien) ».

« La nappe provient, ajoute-t-il, d'un pli issu de la grande faille longitudinale, qui s'étend de Malestroit à Angers, au nord de l'anticlinal

1. E. Kerforne : Etude tectonique de la région silurienne du Sud de Rennes (nappe de la Vilaine). *Bull. Serv. Carte géol. France*, n° 139, t. XXIII; 1919.

déversé de Lonvaux, et elle s'est étendue du Sud au Nord jusqu'à 47 kilomètres de son origine. »

Postérieurement à la mise en place de cette nappe se sont produites des ondulations dans le sens général des plissements armoricains. Ce sont, au nord du synclinal de Saint-Julien-de-Vouvantes, qui s'enfonce sous la faille longitudinale : l'anticlinal de Châteaubriand, le synclinal de Segré, l'anticlinal de Bain-de-Bretagne, le synclinal de Martigné-Ferchaud.

En outre, les affleurements des divers terrains sont segmentés de nombreuses cassures transversales, dont le plus grand nombre sont des décrochements latéraux. On peut les diviser en deux systèmes; celles du premier sont Nord quelques degrés Est, celles du second Nord quelques degrés Ouest. Ces failles sont postérieures à la mise en place de la nappe.

Ces conclusions ne manquent pas d'intérêt; elles montrent que ces mouvements de translation de lambeaux de l'écorce terrestre se sont produits à plusieurs périodes de l'histoire de la Terre.

§3. — Géologie tectonique de l'Espagne méridionale

La Péninsule ibérique, où nous avons signalé d'après M. Termier[1] des nappes de charriage dans les Asturies, en montre, d'après M. Gentil[2], dans l'Espagne méridionale. Le savant professeur de la Sorbonne les a observées dans la province de Cadix et en Andalousie. De plus, ces dernières se raccordent aux nappes prérifaines (Maroc), récemment mises en évidence par MM. Lugeon, Gentil et Joleaud.

Un résumé succinct des notes présentées à l'Académie des Sciences par notre confrère nous permettra d'établir le bien-fondé de ses conclusions.

I. — Aux environs de Cadix, nous dit M. Gentil, existent de nombreux lambeaux de Trias disséminés au milieu d'affleurements tertiaires (Eocène et Miocène). On constate facilement que le Flysch nummulitique, formant la presqu'île qui s'avance vers le détroit de Gibraltar, se présente tantôt en couches normales et tantôt en couches renversées. Le pendage des assises est vers l'Est, tandis que le Flysch est visiblement poussé vers l'Ouest. Quant aux masses triasiques en relation avec les formations nummulitiques, elles sont incontestablement en situation anormale.

En reliant ses diverses observations de la province de Cadix, M. Gentil arrive aux résultats suivants : Dans le sud de cette province, une nappe de recouvrement a cheminé de l'Ouest vers l'Est. Formée de Nummulitique, elle se poursuit depuis La Linéa (Gibraltar) jusqu'aux environs de Cadix.

Dans le Nord, les témoins du Jurassique en recouvrement sont nombreux : Sierra de Gibralter, Sierra de Pajerete, etc. Ce Jurassique, souvent associé au Crétacé supérieur, forme une deuxième nappe. — Une troisième est ensuite représentée par le Trias lagunaire, qui *n'est jamais enraciné*.

II[1]. — Le régime des nappes de la province de Cadix s'étend à toute la partie occidentale de l'avant-pays de la Cordillère bétique, c'est-à-dire à la plus grande partie des provinces de Séville, de Cordoue, de Grenade et de Malaga. Une bande triasique passant à Antequarra, indiquée par MM. Marcel Bertrand et W. Kilian (Mission d'Andalousie), n'a pas moins de 70 km. de longueur, sur une largeur de 8 km. Les superpositions anormales y sont la règle.

Plus à l'Est, l'affleurement jurassique d'Archidona est recouvert au Sud par le Trias, tandis qu'il repose au Nord sur le Nummulitique. On peut en déduire que ce Jurassique ainsi que celui de la Péna sont les représentants de deux noyaux d'une nappe jurassique *encapuchonnés* par le Trias gypseux. Enfin, le Nummulitique forme une troisième nappe, inférieure à la nappe jurassique crétacée.

Ces nappes s'étalent vers le Guadalquivir, au Nord de la bande triasique d'Antequarra. Elles se raccordent avec celles de la province de Cadix et celles indiquées par Robert Douvillé dans la province de Jaen et que nous avons décrites dans une de nos précédentes revues.

III[2]. — La carte de la Sierra Nevada qui accompagne le mémoire de MM. Barrois et Offret révèle l'existence d'une bande triasique à faciès mixte entourant la zone micaschisteuse de la haute montagne, à l'Ouest et au Nord, depuis Lonjaron jusqu'au delà de Guadix, mais interrompue entre cette ville et Dolar par des dépôts miocènes.

« Il en résulte, dit M. Gentil, que ce Trias s'enfonce sous les schistes cristallins de la Sierra Nevada et il faut admettre que le Cristallophyllien de la grande chaîne est en recouvrement. » Cela étant, et les hauteurs de la Sierra Nevada faisant

1. J. Révil : Revue annuelle de Géologie. *Rev. gén. des Sc.* du 30 janvier 1919, p. 47.

2. L. Gentil : Sur l'existence de grandes nappes de recouvrement dans la province de Cadix (Espagne méridionale). *C. R. Ac. Sc.*, t. CLXVI, p. 1003; 17 juin 1918.

1. L. Gentil : Sur l'extension en Andalousie des nappes de recouvrement de la province de Cadix (Espagne méridionale). *C. R. Ac. Sc.*, t. CLXVII, p. 83 ; 8 juillet 1918.

2. L. Gentil : Sur l'origine des nappes de recouvrement de l'Andalousie. *C. R. Ac. Sc.*, t. CLXVII, p. 238 ; 5 août 1918.

encore partie des nappes subbétiques, c'est plus au Sud qu'il faut rechercher les zones des racines, c'est-à-dire dans les contreforts méridionaux de la Cordillère bétique, sur le versant méridional de cette Sierra, dans le massif paléozoïque de Malaga et le versant sud-est de la Serrania de Ronda.

En outre, il y a identité de faciès du Trias de Las Alpujaras (faciès mixte) et de la nappe triasique qui se trouve en bordure au Nord de la Sierra Nevada ; il y a encore identité de facies (*facies lagunaire*) entre le Trias du massif de Malaga et celui de la nappe triasique qui s'étend au Nord et au Nord-Ouest de la zone subbétique.

En résumé, « toute cette partie accidentée du littoral espagnol correspond très vraisemblablement à la zone des racines des nappes andalouses. »

IV[1]. — Cherchant ensuite à établir les relations des dépôts tertiaires du détroit Nord-Bétique, c'est-à-dire la dépression comprise entre la Méséta Ibérique et la Cordillère Bétique, avec ceux du Maroc, M. Gentil a fait une étude spéciale de ces dépôts dans la vallée du Guadalquivir ; il établit que les trois termes du Miocène sont bien représentés dans les provinces de Cadix, Séville, Cordoue et Grenade.

Le Miocène inférieur (1er *étage méditerranéen* de Suess) affleure un peu partout ; il est en transgression très nette sur la Méséta Ibérique. Le Vindobonien lui succède en concordance, tandis que le Tortonien est bien développé dans la vallée du Rio Guadalete, où il repose normalement sur l'étage précédent et recouvre trangressivement la nappe triasique.

Dans le bassin de Grenade, les grès tortoniens passent latéralement à des conglomérats qui reposent *en discordance* sur les grès burdigaliens et les marnes helvétiennes plissées et partiellement démantelées par l'érosion. Dans cette région, la série miocène se termine par des marnes gypseuses surmontées de marnes ligniteuses. La formation lagunaire supporte ensuite des calcaires lacustres. Cet ensemble représente le Pontien. Les dépôts du détroit Nord-Bétique sont donc marins au Miocène inférieur et moyen, puis lagunaires et lacustres au Miocène supérieur.

Une conclusion s'impose : « c'est que le détroit Nord-Bétique a fonctionné depuis le début du Miocène, pendant toute la durée des premier et deuxième étages méditerranéens, tandis qu'il était fermé pendant le Miocène supérieur, ainsi que l'indiquent les dépôts lagunaires lacustres de la région de Grenade ».

V[1]. — Ces données établies, il est facile de déterminer avec précision l'âge des mouvements orogéniques qui ont produit les nappes andalouses. Les grès burdigaliens et les marnes helvétiennes leur sont antérieurs. Par contre, les dépôts détritiques du Tortonien leur sont, en grande partie, au moins postérieurs, tandis que les formations laguno-saumâtres du Miocène supérieur le sont nettement.

La formation des nappes de recouvrement de l'Andalousie remonte donc à une époque se plaçant entre l'Helvétien et le Tortonien.

VI[1]. — Ce régime de nappes s'étend sur le continent africain, au delà du détroit de Gibraltar. Les deux rives sont en continuité géologique. « Le détroit résulte d'un effrondrement dans la zone déprimée comprise entre les deux colonnes d'Hercule. » La transgression marine est incontestable au Burdigalien ; elle se reconnaît aussi bien en Espagne qu'au Maroc, établissant une communication entre l'océan Atlantique et la Méditerranée. Elle atteignait son maximum au Tortonien. Par contre, le retrait de la mer au Pontien est manifeste, soit dans le détroit Sud-Rifain, soit dans le détroit Nord-Bétique ; elle correspond à la fermeture simultanée des deux détroits.

Ces recherches du savant professeur fournissent de précieuses données à l'histoire géologique de la Méditerranée ; elles complètent utilement ses travaux antérieurs.

J. Révil,
Président de la Société d'Histoire naturelle de Savoie.

1. Id. : Sur les dépôts néogènes du détroit Nord-Bétique (Espagne méridionale). *C. R. Ac. Sc.*, p. 299 ; 19 août 1918.

1. L. Gentil : Sur l'âge des nappes de recouvrement de l'Andalousie et leur raccordement avec les nappes prérifaines. *C. R. Ac. Sc.*, t. CLXVII, p. 373 ; 2 sept. 1919.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Karpinski (L. C.), *Professeur adjoint de Mathématiques à l'Université de Michigan*, **Benedict** (H. Y.), *Professeur de Mathématiques appliquées à l'Université du Texas*, et **Calhoun** (J. W.), *Professeur adjoint de Mathématiques pures à l'Université du Texas*. — **Unified Mathematics.** — 1 *vol. in*-12 *de* 522 *p. avec fig.* (*Prix cart.* : 10 *sh.* 6 *d.*). *D. C. Heath and Co, Boston, New-York et Chicago; G. G. Harrap and Co.*, 2-3 *Portsmouth Str., Londres*, 1920.

Ce volume, qui constitue un cours de Mathématiques élémentaires adapté aux besoins des élèves de première année des établissements d'enseignement secondaire ou technique, renferme les matières essentielles ordinairement traitées dans les cours séparés d'Algèbre, de Trigonométrie et de Géométrie analytique.

L'idée fondamentale des auteurs, c'est, en effet, que les Mathématiques ne doivent pas être, du moins pour les commençants, artificiellement divisées en compartiments à étiquettes distinctes, mais qu'au contraire il importe de leur montrer l'unité et l'harmonie essentielles et les rapports mutuels des deux grands domaines de la Mathématique, l'Analyse et la Géométrie. D'où le titre significatif : « Mathématiques unifiées », donné à leur ouvrage.

Un autre trait caractéristique de ce volume, c'est l'importance donnée aux exemples tirés des domaines dans lesquels l'élève a acquis une expérience réelle. Les Mathématiques sont d'abord une discipline mentale, mais ensuite un outil puissant pour le développement de la science ; l'élève doit être familiarisé avec cette idée, et les exemples qui lui sont présentés, s'il les a bien saisis, doivent lui permettre d'apprécier le rôle des Mathématiques en Physique, dans l'Art de l'Ingénieur, la Statistique, etc.

En plus des exemples traités en détail qui illustrent chaque chapitre, les auteurs ont indiqué un très grand nombre de problèmes faciles à résoudre.

Les professeurs de Mathématiques élémentaires de nos lycées et collèges trouveront dans cet ouvrage de nombreuses indications qu'ils pourraient utiliser dans leurs cours. C. MAILLARD.

Euclid in Greek. *Book* I. *With Introduction and Notes by Sir* **Thomas L. Heath.** — 1 *vol. in*-16 *de* x-239 *p. avec fig.* (*Prix* : 10 *sh.*). *Cambridge University Press*, 133-135, *Fetter Lane, Londres*, 1920.

L'auteur, déjà bien connu par la traduction anglaise des œuvres d'Euclide, d'Archimède et d'Apollonius, et par des études sur l'histoire de la science grecque, vient de republier le texte grec du premier livre d'Euclide, en l'accompagnant d'une série étendue de notes et de commentaires : les uns de nature grammaticale et étymologique, destinés à faciliter l'interprétation exacte du texte d'Euclide, les autres de caractère théorique et historique, montrant l'origine et le développement des divers concepts de l'auteur. Cet ensemble est précédé d'une brève étude sur la vie et l'œuvre d'Euclide.

Sir Th. L. Heath, dans sa préface, plaide en faveur de l'étude du grec et de celle de la géométrie élémentaire, qui toutes deux doivent faire partie d'une éducation complète. L'une et l'autre se prêteront un mutuel appui par la lecture du premier livre d'Euclide dans l'original. Rappelons qu'en Italie, M. G. Vacca avait déjà publié il y a quelques années un ouvrage analogue et dans le même but[1]. L. B.

1. EUCLIDE : Il primo libro degli elementi. Texte grec, version italienne et notes de G. VACCA. Sansoni, Florence, 1916.

Witz (Aimé), *Correspondant de l'Institut*. — **La crise du combustible et ses remèdes.** — 1 *vol. in*-18 *de* 164 *pages* (*Prix* : 5 *fr.*). *G. Doin, éditeur, Paris*, 1920.

Ni l'auteur de l'ouvrage ni l'objet qu'il traite ne sont inconnus des lecteurs de la *Revue*, puisque le petit volume que nous présentons ici est formé par la réunion des articles que le distingué ingénieur a fait paraître dans les numéros 2, 3, 4 et 5 de cette année.

Il nous est donc tout à fait inutile de le recommander à leur attention. Ils ont su déjà apprécier la clarté du style, l'ordonnance du discours et l'intérêt de ces questions abordées du point de vue industriel et pratique, qu'ils seront heureux de retrouver sous une forme commode.

Nous rappellerons seulement que ces pages sont le fruit des réflexions qu'a suggérées à l'auteur la grave pénurie de combustible dont nous souffrons, pénurie mondiale, d'ailleurs, et qui a déjà créé chez nous une véritable famine qui met notre industrie en péril et éclate justement au moment où les bras nous manquent, où les courages défaillent et où sévit une crise sociale sans précédent.

Pour suppléer à la houille que notre sol ne nous donne que parcimonieusement, il faut intensifier son extraction, utiliser les succédanés que nous possédons et développer ses adjuvants. Nous devons, d'autre part, nous restreindre dans sa consommation, l'utiliser le mieux qu'il est possible dans la production de l'énergie calorifique et dans ses transformations diverses.

Tels sont les remèdes à la crise. L'auteur les expose dans leur suite logique et s'efforce de faire ressortir leur importance relative.

Il commence par nous rendre compte de l'usage qui est fait actuellement de notre combustible afin de savoir quelles sont les branches dans lesquelles il importe le plus de réduire sa dépense et quelle est la manière d'obtenir ce résultat, le plus rapidement et le mieux possible, en utilisant les moyens dont nous disposons *hic et nunc*. Il cherche ensuite dans quelle mesure on peut suppléer au manque de houille par l'emploi des matières insuffisamment utilisées jusqu'ici, de succédanés et d'adjuvants. Il entre alors plus profondément dans le vif de la question en cherchant comment on arrivera à améliorer, en recourant à des procédés spéciaux ou à des inventions nouvelles, le rendement des combustibles en calories et le rendement de ces calories en kilogrammètres.

Mais M. Witz, avec sa haute compétence, son expérience incontestable, son sens industriel et pratique, s'est gardé des faux enthousiasmes provoqués par des solutions plus brillantes qu'efficaces. Aussi bien, si le cri général des économistes et des techniciens, d'accord sur ces points, est : restriction et économie, l'accord est moins complet quand on passe à l'examen des voies et moyens qui doivent conduire au résultat.

L'auteur, en discutant les solutions suggérées et les méthodes préconisées, constate qu'il en est d'excellentes qu'on peut appliquer tout de suite. Plusieurs ne sont pas nouvelles et la mise au point qui en est faite leur confrère une supériorité sur des inventions plus récentes, plus originales, mais qui n'ont pas encore le baptême de l'épreuve. La séduction qu'elles exercent sur les esprits fait oublier qu'elles exigent de longs et laborieux tâtonnements. D'autres sont encore dans le domaine du rêve.

Il faut se défier des unes et des autres et ne pas trop déprécier ce qui a été fait dans le passé.

Il y a longtemps que nos industriels ont le souci de l'économie du combustible et qu'ils la pratiquent non sans succès.

L'ouvrage qui les réhabilite à cet égard, en signalant tout ce qui a été obtenu jusqu'ici, met en lumière ce qui, également, peut être réalisé dans un avenir immédiat, tout en mettant en garde contre les chimères avec lesquelles on égare un peu à ce sujet l'esprit public.

Industriels, économistes, ingénieurs, hommes politiques même, prendront donc en mains, avec fruit, ce volume, d'ailleurs agréable à lire.

L. Potin.

2° Sciences physiques

Poynting (John Henry). — **Collected Scientific Papers.** — 1 *vol. gr. in*-8° *de* xxvi-768 *p. avec fig. et* 1 *portrait* (*Prix cart.* : 37 *sh.* 6 *d.*). *Cambridge University Press*, 1920.

On ne saurait trop louer l'initiative prise par un groupe de savants anglais, à la tête desquels il faut placer Sir Oliver Lodge, et qui a consisté à réunir en un beau volume les travaux du regretté J. H. Poynting. Ce volume de plus de 700 pages, orné d'un remarquable portrait, ne renferme pas moins de 70 mémoires, dont les plus nombreux se rapportent à des questions de Gravitation, d'Optique et d'Electricité.

Le nom de Poynting est familier à tous les physiciens. Ceux mêmes que leurs travaux ont éloigné des voies suivies par ce savant, n'ignorent ni ses expériences sur la constante de la gravitation, ni celles sur la pression de radiation, ni surtout le célèbre théorème qui porte son nom et qui régit le rayonnement de l'énergie sous la forme électromagnétique. Poynting est resté dans la tradition des plus fameux représentants de l'Ecole anglaise, des Kelvin et des Rayleigh, en se montrant aussi habile à triompher des difficultés expérimentales qu'à manier avec virtuosité et à faire progresser nos conceptions théoriques. Les études sur la mesure de la densité moyenne de la Terre et sur la pression de radiation resteront des modèles de précision expérimentale. Mais le nom de Poynting a été illustré surtout par le célèbre mémoire paru aux *Philosophical Transactions* de 1884 « sur le transport de l'énergie dans le champ électromagnétique », mémoire dans lequel se trouve établi pour la première fois que l'application du principe de la conservation de l'énergie au champ électromagnétique fournit une expression simple et générale du flux d'énergie rayonnante, sous forme de flux d'un vecteur, appelé, aujourd'hui encore, le « vecteur de Poynting ». Ce complément essentiel des théories de Maxwell a eu la plus grande influence sur le développement moderne des théories électromagnétiques.

A côté de ces travaux de premier ordre, il est juste de mentionner toute une série de mémoires sur l'Optique, l'Electricité, la Statistique, etc., où l'on retrouve les preuves fréquentes d'une profonde ingéniosité.

N'oublions pas de signaler en terminant que Poynting entretenait avec beaucoup de physiciens français de cordiales relations et qu'à deux reprises au moins il a pris part, en France même, à des réunions corporatives de physiciens : une première fois en 1900, au moment du Congrès international tenu à Paris, une seconde fois en 1910, pendant les séances de Pâques de la Société française de Physique. Les deux rapports qu'il a rédigés à cette occasion et qui ont paru en français ont laissé un profond souvenir à tous ceux qui les ont entendus. On les retrouve avec plaisir dans le volume actuel.

Eugène Bloch.

Villavecchia (V.). — **Traité de Chimie analytique appliquée.** *Traduit et annoté par le Cᵗ* P. Nicolardot. *T.* I. — 1 *vol. in*-8° *de* 526 *pages avec* 59 *fig.* (*Prix* : 24 *fr.*). *Masson et Cie, éditeurs, Paris*, 1919.

Le commandant Nicolardot, avec l'aide de spécialistes choisis parmi les plus compétents, vient de faire paraître la traduction française du premier volume du *Traité de Chimie analytique appliquée* rédigé par le professeur italien Vittorio Villavecchia, directeur des Laboratoires chimiques des Douanes.

L'édition italienne a été peu remaniée; les renseignements qui par leur caractère particulier s'adressent surtout aux chimistes italiens ont été remplacés par des renseignements analogues, plus directement utilisables par les chimistes français. Quelques méthodes nouvelles seulement ont été décrites et certains procédés allemands qui avaient été reconnus en France comme insuffisants ou inexacts ont été supprimés.

En agissant ainsi, le commandant Nicolardot a voulu garder à l'œuvre de l'analyste italien tout son caractère et lui conserver ses précieuses qualités.

Mettre à la disposition de l'analyste un recueil de méthodes et de règles pour analyses industrielles et commerciales, consacrées par le temps ou prescrites officiellement, telles par conséquent qu'elles puissent être immédiatement adoptées et mises en pratique, n'indiquer, en général, qu'une seule méthode sélectionnée, ou deux au maximum pour chaque dosage, et dans certains cas où la description d'un nombre plus considérable s'impose, compléter alors par l'exposé détaillé de leurs conditions d'applications, telles sont les idées directrices suivies dans ce traité d'analyse, qui trouvera sa place à côté des excellents traités que nous possédons déjà en France.

Pour chacun des produits, l'auteur débute par l'examen des problèmes analytiques qui se posent et l'exposé des principes servant de base à leur solution. Les détails des méthodes viennent ensuite.

Les résultats analytiques obtenus, il convient de les utiliser pour en tirer les conclusions intéressantes; aussi le traité indique les règles à suivre pour effectuer ce travail, indispensable pour permettre l'exacte appréciation des produits envisagés aux divers points de vue industriel, commercial et hygiénique. Enfin, et ceci doit concourir au même but, un tableau rassemble les analyses de nombreux produits courants; ce tableau donne aussi la nature des impuretés habituelles et les limites dans lesquelles varient ces impuretés. Tous les chimistes apprécieront, comme ils le méritent, ces renseignements précieux et souvent bien difficiles à se procurer.

Par exemple, dans le cas du zinc, se trouve la composition de toutes les marques commerciales de la Vieille Montagne, des zincs de Haute Silésie, des zincs d'origine américaine ou anglaise. La teneur en métal dans ces zincs raffinés peut varier depuis 98,78 jusqu'à 99,98 %.

Ce premier volume est consacré à l'analyse des eaux potables, des produits chimiques commerciaux courants, des engrais, des matériaux de construction, des métaux et de leurs alliages, des combustibles, des goudrons et dérivés immédiats, des huiles minérales et des matières grasses.

On ne saurait que féliciter le traducteur qui, sur le point de rédiger un traité d'analyse et reconnaissant que l'ouvrage de M. Villavecchia correspondait exactement au plan qu'il s'était tracé, s'est contenté du rôle plus modeste de traducteur. Nous lui sommes ainsi redevables d'un ouvrage qui ne fait pas double emploi dans notre littérature scientifique et qui est appelé à rendre de réels services aux chimistes.

C. Matignon,
Professeur au Collège de France.

Blount (B.), **Woodcock** (W. H.) et **Gillett** (H. J.). — **Cement** (Le Ciment). — 1 *vol. in*-8° *de* xii-284 *p. avec* 84 *fig.* (*Prix cart.* : 18 *sh.*). *Longmans, Green and Co.*, 39, *Paternoster Row*, *Londres*, 1920.

L'industrie du ciment est l'une de celles qui ont le plus bénéficié de l'application des recherches scientifiques et qui reposent aussi sur les bases les plus solides. La remarquable monographie de M. B. Blount et de ses collaborateurs MM. Woodcock et Gillett est tout entière une illustration de ce fait.

Dans une introduction historique, les auteurs rappellent les essais empiriques des Anciens et la rénovation de l'industrie du ciment en 1756 par Smeaton qui, chargé

de reconstruire le phare d'Eddystone détruit par un incendie, rechercha le premier quelle composition chimique doivent présenter les calcaires pour produire une bonne chaux hydraulique. C'est en 1827 seulement qu'un briquetier anglais, Aspdin, commença la fabrication du ciment hydraulique par cuisson d'un mélange de chaux et d'argile. Une autre grande date de l'industrie du ciment est l'invention, en 1876, du four rotatif par Crampton, engin qui s'est considérablement perfectionné depuis lors.

Une série de chapitres sont ensuite consacrés à la préparation des ciments, qui comprend : le choix des matières premières et celui du combustible destiné à la cuisson, la préparation de ces matières afin de les amener à l'état le plus favorable à leur transformation en ciment, la cuisson proprement dite qui aboutit à la formation du clinker, la mouture de ce dernier et l'ensachage du ciment (tous les principaux appareils employés à ces opérations sont décrits en détail), enfin la production de la force dans les usines de ciment et le contrôle de la fabrication.

Les auteurs étudient ensuite en détail les deux principales méthodes de contrôle de l'industrie du ciment : les essais de résistance mécanique et l'analyse chimique des matières premières et des produits fabriqués. Cette dernière question amène tout naturellement les auteurs à faire l'exposé de nos connaissances sur la chimie du ciment Portland et la fonction de ses divers constituants, ce qui est pour eux l'occasion de rendre hommage aux travaux de notre compatriote Henry Le Chatelier, dont le mémoire de 1887 sur « la constitution des mortiers hydrauliques » est fondamental en ce domaine.

L'ouvrage se termine par des chapitres sur les emplois du ciment, l'effet de diverses substances sur le ciment, et les sous-produits de l'industrie du ciment, qui sont les chaleurs perdues des fours, et les poussières des carneaux, riches en alcalis, en particulier en potasse, et qui ont été utilisées comme engrais pendant la guerre.

En appendice, les auteurs ont donné des renseignements développés et très utiles sur les spécifications officiellement imposées aux ciments dans divers pays.

L'ouvrage de MM. Blount, Woodcock et Gillett est l'un des meilleurs qui aient été écrits sur ce sujet; il continue avec honneur la série des « Monographies de Chimie industrielle » publiées sous la direction de Sir E. Thorpe. L. B.

3° Sciences naturelles

Eriksson (Jakob), *Professeur et Chef de la Section botanique de l'Institut central d'expériences agricoles de Stockholm, Lauréat de l'Institut de France.* — **Les Maladies cryptogamiques des plantes agricoles et leur traitement.** *Traduit du suédois par Mme* Signe Hagman, *Introduction de* L. Blaringhem. — *1 vol. in-8° de 254 p., avec 132 fig. et 3 pl. en couleurs (Prix : 12 fr.). Librairie agricole de la Maison rustique, Paris,* 1920.

C'est pour nous un véritable plaisir de signaler le livre de M. J. Eriksson, que Mlle Signe Eriksson, aujourd'hui Mme Hagman, vient de traduire pour le public français.

Le Prof. J. Eriksson est un des Maîtres les plus éminents de la Phytopathologie contemporaine. Tous les phytopathologistes le connaissent bien, nous ne voulons pas dire seulement par sa théorie du Mycoplasma, qui peut laisser notre foi défaillante, mais surtout par ses travaux sur la morphologie, les formes spécialisées et la biologie en général des rouilles. Son grand ouvrage, *Die Getreideroste*, où se trouvent exposées en partie ses recherches, est un monument élevé à la Science, et les planches en couleurs qui l'accompagnent constituent un document extrêmement précieux. M. Eriksson est encore un des plus actifs et des premiers propagandistes en faveur de la lutte internationale contre les maladies des plantes, laquelle s'organise de jour en jour, avec cependant un retard trop considérable par rapport à ce qui a été fait pour les maladies de l'homme et les épizooties. M. Eriksson est le Maître qui, de longue date, dirige les études phytopathologiques en Suède; de son laboratoire, dont l'organisation nous laisse tant à envier, sont sortis des travaux fort nombreux sur les maladies des plantes, dont les plus importants sont, comme nous venons de le dire, ceux qui concernent les maladies des céréales.

Le plan de l'ouvrage est restreint : il n'y est question que des « plantes agricoles », mais non des plantes des jardins et des serres, ni des végétaux forestiers, ni de certaines plantes cultivées qui ne croissent pas en Suède, comme la Vigne. Toutefois, l'auteur nous laisse espérer qu'il publiera un ouvrage similaire où ces derniers sujets seront traités.

L'auteur s'est abstenu de toute polémique scientifique; il ne fait, en général, ni historique, ni bibliographie; des noms d'auteurs ne sont cités qu'autant que des figures leur sont empruntées. Cette sobriété voulue laisse une place plus grande aux développements d'un intérêt immédiat.

Nous trouvons décrites les diverses maladies des plantes cultivées que nous connaissons, mais, outre cela, nous rencontrons dans ce livre des maladies qui nous sont heureusement inconnues, et c'est ce qui en fait pour nous l'originalité et en accroît l'intérêt. En effet, on sait bien maintenant que, surtout du fait du « brassage » résultant de l'accroissement des relations internationales, telle maladie qui n'existe pas aujourd'hui chez nous pourra y apparaître demain. En attendant que la protection établie aux frontières contre de telles intrusions soit suffisamment efficace, il est bon d'être prévenu.

Citons au hasard, parmi les sujets peu connus chez nous que nous trouvons traités dans cet ouvrage : diverses maladies bactériennes, la gale de la pomme de terre due au *Spongospora subterranea*, des Myxomycètes : *Physarum cinereum* et *Spumaria alba* sur diverses Graminées, des rouilles, les charbons « nus » de l'Orge et de l'Avoine, etc.

Nous y trouvons décrits les méfaits de cette curieuse « moisissure de la neige » qui nous avait frappé en Savoie, au printemps 1916 : en mars, la neige fort épaisse, en fondant sous un soleil déjà chaud, laissait sur l'humus ou sur les végétaux, en se retirant, un lacis filamenteux d'un développement d'une rapidité surprenante. Cultivé en milieux artificiels, il nous avait donné un beau mycelium blanc porteur de fructifications de *Fusarium*. Nous apprenons dans le livre de M. Eriksson qu'il s'agit, dans ces conditions, du *Fusarium nivale* (*Calonectria nivalis*) et que la toile qu'il tisse ainsi sur le sol cause de sérieux méfaits dans les champs de céréales d'hiver et dans les prairies.

Nous voyons figuré et décrit ce curieux *Puccinia Arrhenateri* qui, peu connu chez nous dans les plaines, est au contraire si fréquent dans certaines régions des Alpes. Ayant dû faire, pendant la guerre, un séjour de près d'un an à 1.200 m. d'altitude dans les environs de Modane, nous fûmes frappé de l'aspect présenté par les *Berberis*, très fréquents dans ces parages, qui portaient presque tous des balais de sorcière touffus; au printemps les feuilles de ces balais se couvraient de pustules très odorantes, surtout au soleil, de la forme écidium (*Aecidium graveolens*) qui transmet la rouille à l'Avoine élevée.

L'auteur suit, dans son exposé, l'ordre de la classification botanique des plantes parasites, c'est-à-dire des champignons, car il fait entrer dans ce groupe les Myxomycètes et même les Bactéries. Ce que l'on pourrait trouver de trop scientifique dans cette disposition est amendé du fait que l'auteur a disposé à la fin de son livre des tableaux indiquant les maladies réparties sous les noms de leurs plantes hospitalières, avec indication de la page où elles sont traitées.

C'est ainsi que sont successivement énumérées les maladies des Céréales : blé, seigle, orge, avoine, maïs,

millet, sorgho, fléole, dactyle, vulpin, etc. ; des plantes à tubercules : pomme de terre (sur l'appareil souterrain, sur l'appareil aérien, sur la plante entière), de la betterave (sur les plantules, sur les tiges et sur les feuilles, sur la racine et sur la plante entière), etc., des Légumineuses; des autres plantes agricoles : lin, moutarde, sarrasin, tabac, soleil, topinambour, chanvre, houblon, pavot.

Ces tableaux, joints à une table alphabétique, permettent de tirer de l'ouvrage toute l'utilité pratique qu'il comporte.

Un chapitre succinct, mais très clair, sur les « méthothes générales de préservation », termine l'ouvrage.

On regrette qu'un auteur aussi qualifié n'ait pas ajouté quelques pages sur l'organisation internationale de la lutte contre les maladies; mais ce sujet dépassait sans doute le cadre qu'il s'était assigné.

Un chapitre sur lequel l'esprit se porte avec une attention particulière est naturellement celui des rouilles des céréales; il est traité de main de maître et illustré de figures originales en noir et d'une double planche hors texte en couleurs (moins parfaite que celles en lithographie des ouvrages originaux de l'auteur). Cependant, on regrette que le cadre limité ne lui ait pas permis d'être plus complet encore. Cette question complexe et délicate de la détermination des rouilles des céréales nécessiterait encore des tableaux dichotomiques, des dessins de coupes, etc. La plaquette permettant d'arriver d'une façon pratique et sûre à cette détermination reste encore à faire pour le public français; toute la documentation descriptive et graphique existe dans les ouvrages originaux de M. Eriksson, il suffirait de s'en inspirer en suivant d'autre part la nature; nous savons que les matériaux sont prêts, seul l'éditeur reste à trouver.

La rédaction de l'ouvrage porte la date de 1914, aussi ne faut-il pas s'étonner de n'y pas rencontrer un chapitre qui sera certainement parmi les plus intéressants des traités futurs. Nous voulons parler des maladies à « virus filtrants » ou à « ultramicrobes ».

L'auteur, traitant de la « nielle » ou mosaïque du tabac, à laquelle on s'accorde aujourd'hui à attribuer une telle origine, est d'avis qu'aucune explication ne peut être adoptée sans réserve. Il cite avec scepticisme l'opinion des auteurs qui invoquent l'intervention d'un microbe invisible; il semble plus favorable à l'hypothèse d'un virus « *contagium vivum fluidum*, vivant en symbiose intime avec leur protoplasma (des cellules), en constituant ainsi une sorte de mycoplasma ».

On sait quel intérêt a pris de nos jours cette question des virus filtrants, des « ultramicrobes », comme dit M. Calmette dans l'exposé magistral qu'il fit de la question au Congrès de Strasbourg de cette année. S'il n'est pas nécessaire de rappeler les très nombreuses maladies de l'homme ou les épizooties qui leur sont attribuables, leurs méfaits chez les végétaux sont moins connus. Longue est cependant déjà la liste des maladies qui paraissent en dépendre : le groupe des mosaïques et chloroses infectieuses, les mosaïques de diverses Solanacées (pomme de terre, tabac, tomate, etc.), de diverses Malvacées, de la betterave, du haricot, de la canne à sucre, du pêcher, du concombre, de l'épinard, etc.

Mais ce sont surtout les maladies des pommes de terre dites « enroulement » et « mosaïque » qui viennent d'attirer sur eux l'attention[1]. Le savant hollandais Quanjer et une pléiade de travailleurs ont établi leur contagiosité dans des conditions telles que l'hypothèse d'un ultramicrobe paraît la plus plausible. M. Eriksson en parle sous le nom de « frisure » et ses explications des causes se ressentent de toute l'imprécision de nos connaissances à cette époque, les premières publications de Quanjer datant précisément de l'apparition du livre en Suède. Toutefois, nous y trouvons de curieux renseignements : On apprécie aujourd'hui la grande gravité de ce mal — souvent confondu avec des altérations de causes diverses sous le nom de « dégénérescence »; — il sévit dans le monde entier et l'on a pu dire qu'avec le mildiou il réduit de moitié la production mondiale. Il faut le proclamer pour provoquer la mise en œuvre des remèdes actuellement connus. Or, M. Eriksson pensait qu'en 1908 on effrayait à tort le public; au commencement de cette année parut, dans un journal allemand, un article d'un des cultivateurs de pommes de terre les plus connus, divulgué par la presse européenne, jetant un cri d'alarme; il était intitulé : « La culture de la pomme de terre de l'Europe en danger » et faisait prévoir qu'il n'y aurait bientôt plus un seul tubercule de semence indemne. Cette crainte, jugée alors exagérée, est bien près de s'être réalisée aujourd'hui. Une mission particulièrement compétente, qui vient de parcourir la France, en est arrivée à se demander s'il existait encore chez nous des champs indemnes. Fort heureusement, la « sélection sur pied », organisée en Hollande, aux Etats-Unis, en Angleterre, permet de produire des semences saines; vingt stations étudient en Allemagne les maladies de la pomme de terre. Faut-il ajouter qu'en France, rien n'est encore organisé, malgré le Service des Epiphyties auquel ne manque cependant ni la compétence, ni la vigilance et le zèle.

Mais revenons au livre de M. Eriksson. Nous croyons avoir suffisamment montré tout l'intérêt et l'originalité qu'il présente pour le public français.

Il ne fait point double emploi avec les excellents traités que nous possédons déjà, tels que ceux de Prillieux, Delacroix et Maublanc, Bourcart, Ducomet, la mince plaquette de M. Mangin qui retrace d'une façon magistrale le tableau des maladies des plantes cultivées, mais qui, malheureusement, est devenue très rapidement introuvable.

A côté de ces divers ouvrages, le livre de M. Eriksson est indispensable à tous les phytopathologistes.

J. Beauverie,
Professeur à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand.

1. Cette question, aussi importante au point de vue économique qu'intéressante au point de vue biologique, doit faire l'objet d'un article spécial dans cette *Revue*.

4° Sciences médicales

Florand (Dr A.), *Médecin de l'Hôpital Lariboisière, et* **François** (Dr M.), *Ancien interne des Hôpitaux de Paris.* — **La Goutte et l'Obésité.** — 1 *vol. in*-18 *de* 550 *p. de l'*Encyclopédie scientifique (*Prix cart.*: 7 *fr.* 50). *G. Doin, éditeur, Paris*, 1920.

Le « Bibliothèque de Pathologie médicale » de l'*Encyclopédie scientifique* vient de s'enrichir d'un nouveau volume, dû à la collaboration des Drs Florand et François, sur la Goutte et l'Obésité.

Dans ce volume, les auteurs ont eu surtout en vue de colliger tous les travaux concernant ces deux syndromes, et ils ont parfaitement réussi à nous donner une large vue d'ensemble de la goutte et de l'obésité. On trouvera, au fur et à mesure des chapitres, quelques lignes donnant, en un court mais substantiel résumé, l'analyse et la critique de tous les travaux, de tous les articles, de toutes les opinions parus sur le sujet qui intéresse les auteurs. Le volume est tout à fait à jour et l'index bibliographique qui termine l'ouvrage sera d'un grand secours, parce que complet, à tous ceux qu'occupent des recherches sur ces deux affections.

La plus grosse partie du volume est consacrée à la goutte, mais c'est dans les chapitres réservés à l'obésité, et notamment au sujet du traitement, que nous trouverons les idées personnelles des auteurs. En résumé, ce livre très intéressant sera utile et à l'homme de science qui s'intéresse aux recherches tant pathogéniques que physiologiques des phénomènes morbides de l'arthritisme, et au praticien qui y trouvera toutes les données récentes du traitement de ces affections.

Dr Galliot.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS
Séance du 8 Novembre 1920

1° Sciences mathématiques. — M. L. **Lecornu** : *Sur le mouvement permanent des liquides.* Dans le mouvement permanent des liquides, l'auteur montre que les trajectoires moléculaires vérifient une condition spéciale : Quand les trajectoires sont rectilignes, elles coupent orthogonalement une certaine famille de surfaces ; quand la vitesse est constante sur chaque trajectoire, ce sont les normales principales qui coupent orthogonalement les dites surfaces. — MM. **H. Parenty** et **G. Vandamme** : *Utilisation de la force des marées et du choc des vagues de la mer.* Les auteurs décrivent un moyen d'utiliser, en dehors du flux, le choc des vagues et de fournir ainsi de grandes quantités d'air, alternativement aspiré et comprimé à d'assez fortes pressions. Dans un système de compartiments alvéolaires à fermeture d'eau, la vague comprime un matelas d'air que sa pression expulse par une soupape équilibrée pour une pression déterminée ; l'air se renouvelle aux dépens de l'atmosphère, à travers une autre soupape, pendant l'aspiration due au retrait de la vague. — **J. de Lessus** : *Sur une transmission d'énergie mécanique utilisant une masse invariable de gaz en circuit fermé.* S'il était possible de faire varier la pression de l'atmosphère dans laquelle respire un compresseur fonctionnant adiabatiquement, le travail par tour serait directement proportionnel à la pression d'aspiration pour un rapport volumétrique de compression donné, c'est-à-dire pour un écart donné des températures extrêmes du fluide gazeux. La compression adiabatique à des taux relativement faibles deviendrait alors susceptible d'applications intéressantes. L'auteur réalise ce desiderata en faisant respirer le compresseur dans une canalisation fermée ; on obtient ainsi des transmissions d'énergie à puissance constante, c'est-à-dire donnant, avec des moteurs à couple constant, la solution du changement de vitesse progressif, automatique et continu. — M. **A. Danjon** : *Sur une nouvelle étoile variable à courte période.* L'auteur a reconnu que l'étoile *d*-Cygne varie de la grandeur 5,16 à 5,36 ; la variation est à courte période et le passage du maximum au minimum, ou *vice versa*, peut être observé au cours d'une même soirée. L'ensemble des observations est représenté par une courbe de lumière du type de β-Lyre.

2° Sciences physiques. — M. **L. Lumière** : *Représentation photographique d'un solide dans l'espace. Photo-stéréo-synthèse.* Si l'on prend, à une échelle fixe, des négatifs photographiques d'une série de plans parallèles, équidistants ou non, d'un objet, en réalisant cette condition que chaque image ne représente que l'intersection de l'objet par le plan correspondant, on pourra, en superposant les positifs tirés des négatifs obtenus, reconstituer dans l'espace l'apparence de l'objet photographié. Dans la pratique, un petit nombre d'images suffit si, dans une certaine limite, chaque image correspond, non pas à un plan, mais à un volume focal déterminé. On obtient la réduction nécessaire du volume focal par deux méthodes dont l'auteur donne la description. — M. **R. Biquard** : *Indications anormales fournies par les radiochromomètres avec les rayons X très pénétrants.* Pour les rayonnements émis au delà de 60.000 volts moyens (16 cm. d'étincelle), et quelle que soit l'ampoule génératrice, les indications du radiochromomètre cessent d'augmenter d'une manière appréciable. Cet appareil ne peut donc donner d'indications utiles quand les ampoules sont alimentées au delà de cette tension, et en particulier en radiothérapie pénétrante, où on la dépasse généralement. — M. **J.B. Senderens** : *Déshydratation catalytique de l'alcool amylique de fermentation.* La déshydratation de l'alcool amylique en présence de catalyseurs déshydratants fournit un mélange des trois isomères triméthyléthylène, méthyléthyléthylène, isopropyléthylène. A l'usure du catalyseur correspond un changement dans les proportions relatives de ces isomères. — M. **A. Damiens** : *Sur le brome et le chlore existant normalement dans les tissus animaux.* La présence du brome est constante dans tous les organes de l'homme et des animaux normaux examinés par l'auteur. Le rapport du brome au chlore, dans les organes d'un animal donné, peut être considéré comme sensiblement constant, aux erreurs d'expériences près.

3° Sciences naturelles. — MM. **P. Termier** et **W. Kilian** : *Le bord occidental du pays des schistes lustrés, dans les Alpes franco-italiennes, entre la Haute-Maurienne et le Haut-Queyras.* Sur ce parcours de 100 km., les schistes lustrés reposent comme indifféremment sur des étages très variés de la série briançonnaise ; dans celle-ci, l'allure est lenticulaire ; souvent, dans le contact, il y a des mylonites, et même des mélanges de roches des deux pays. La continuité stratigraphique devient de plus en plus improbable, et la conception d'une nappe de schistes lustrés surmontant une nappe briançonnaise paraît s'imposer de plus en plus. — MM. **L. Duparc** et **G. Favre** : *Le gisement de fer oolithique d'Aïn-Babouche (Algérie).* Le minerai oolithique sédimentaire existe en Algérie et occupe la région synclinale d'Aïn-Babouche. Il est intercalé dans des formations argileuses et limonitiques épaisses, développées au mur et surtout au toit, qui sont recouvertes par des poudingues miopliocènes. L'âge du minerai est vraisemblablement la base de l'Eocène moyen. Le minerai oolithique a des caractères constants sur toute l'étendue du synclinal. Le synclinal a été disloqué en deux endroits, le premier à la sortie de la vallée de Babouche, le second à l'entrée de celle de Mézera. — M. **H. Jumelle** : *Le Katoka, arbre à graines comestibles de Madagascar.* L'auteur a recherché l'origine de graines, dites de katoka, importées cette année de Madagascar. Elles proviennent d'une Artocarpée nouvelle, appartenant au genre *Treculia*. Le fruit (syncarpe) charnu présente vers la surface 6 ou 7 rangées d'akènes, contenant chacun, sous un mince péricarpe ligneux, une graine sans albumen et pendante. Ces graines sont vraisemblablement plus amylacées qu'oléagineuses. — M. **H. Bouygues** : *Le méristème terminal de la tige et sa division en régions.* L'auteur considère comme formant l'écorce, dans une tige à l'état dit primaire, l'ensemble des tissus immédiatement situés à l'extérieur du système libéro-ligneux. Ainsi conçue, l'écorce adulte reste ce qu'elle est dans son très jeune âge, c'est-à-dire un reliquat du méristème général non différencié en méristème prévasculaire, entourant complètement et toujours celui-ci. — M. **L. Mercier** : *Variations dans le nombre des fibres des muscles vibrateurs longitudinaux chez le* Chersodromia hirta *Walk. Perte de la faculté du vol.* Un grand nombre de *Chersodromia* des plages normandes et bretonnes ont perdu la faculté de voler, bien qu'ils possèdent des ailes aussi développées que leurs congénères volants. L'auteur a constaté que ce fait est en relation avec une diminution accusée du nombre des fibres des muscles vibrateurs longitudinaux, qui peut tomber de 57 à 29 et même 21, avec tous les stades intermédiaires. Le *Chersodromia hirta* apparaît donc comme une espèce en pleine variation. — MM. **Ch. Julin** et **A. Robert** : *Sur l'organogenèse dans les blastozoïtes de* Perophora. Les auteurs concluent de leurs recherches que la théorie des feuillets germinatifs, qui se vérifie d'une façon générale dans l'embryogenèse, ne se confirme pas en ce qui concerne le développement

blastogénétique. On peut se l'expliquer en admettant que le développement blastogénétique n'est pas un processus embryogénique, mais bien un processus de régénération. — M. **Th. Tommasina** : *A propos de la note de M. L. Besson: Relation entre les éléments météorologiques et le nombre des décès par maladies inflammatoires des organes de la respiration à Paris* (voir p. 706). L'auteur critique certaines conclusions de cette note, en particulier l'augmentation du nombre des décès sous l'influence du froid sec, contraire à l'opinion générale. Cela tient à ce que la méthode statistique adoptée ne tient pas compte de la durée des maladies, donc de l'époque précise de leur manifestation.

Séance du 15 Novembre 1920

Sciences physiques. — M. **Ph. Théodoridès** : *Sur la variation thermique du coefficient d'aimantation de quelques chlorures et d'un oxyde anhydres à l'état solide, et la théorie du magnéton.* L'étude thermomagnétique des chlorures cobalteux et nickeleux anhydres donne des résultats conformes à la théorie du magnéton. Par contre, les déterminations de n relatives au chlorure et à l'oxyde manganeux donnent des nombres fractionnaires ; toutefois, les différences des moments magnétiques sont très voisines de 1 magnéton. — M. **R. de Mallemann** : *Sur le pouvoir rotatoire des acides tartrique et malique en solution.* L'addition de benzène à une solution alcoolique d'acide malique conduit à des pouvoirs rotatoires droits pour toutes les couleurs, avec dispersion normale. L'addition de $CaCl^2$ à une solution aqueuse du même acide conduit à des pouvoirs rotatoires droits beaucoup plus grands, la dispersion restant toujours normale. — M. **E. Darmois** : *La dispersion de la réfraction des carbures d'hydrogène.* L'auteur appelle *dispersion spécifique* le quotient $\Delta n/d$, où Δn est la différence des indices d'un carbure donné pour deux couleurs et d la densité du carbure, prise à la même température que l'indice. La dispersion spécifique se révèle comme approximativement constante dans une série donnée, au moins pour les carbures que l'on peut rencontrer dans les essences de pétrole. — M. **P. Fleury** : *Sur la décomposition catalytique de la solution alcaline d'hypobromite de soude par le sulfate de cuivre. Action antagoniste de l'iode.* Le cuivre exerce une action catalytique décomposante sur les solutions alcalines d'hypobromite de soude, qui se manifeste déjà pour des doses de 1/100.000. L'addition d'une petite quantité d'iode entrave complètement cette action. Cette addition est à recommander toutes les fois que l'on utilise la solution d'hypobromite pour le dosage de petites quantités d'urée, car la lessive de soude renferme assez souvent du cuivre. — M. **Ch. Dufraisse** : *L'isomérie éthylénique des styrolènes monobromés dans la chaîne latérale.* L'auteur a préparé à l'état pur les deux styrolènes monobromés déjà connus : A, F. 60-70°, Eb. 107° sous 22-23 mm., et B, F. — 43°, Eb. 71° sous 7-8 mm., et il en a obtenu un troisième, C, F. — 8 à — 7°, Eb. 71° sous 6-7 mm., par action de NaOH pulvérisée sur la bromobenzalacétophénone. A et C sont stéréoisomères et correspondent à la formule $C^6H^5.CH:CHBr$, et B a pour formule $C^6H^5.CBr:CH^2$. — MM. **Ch. Moureu** et **Ad. Lepape** : *Les gaz rares des gaz naturels d'Alsace-Lorraine.* Les auteurs ont examiné 9 gaz naturels provenant de différentes mines d'Alsace-Lorraine au point de vue de leur teneur en gaz rares. Tous contiennent de l'azote et les cinq gaz rares, et, sauf un, ne contiennent pas d'oxygène. Le rapport argon-azote ne varie que dans des limites étroites, tandis que le rapport hélium-azote est très variable. Cela tient sans doute à l'égale distribution de Ar et N dans la nature, tandis que l'hélium est le résidu stable de la désintégration des corps radioactifs, qui sont fort inégalement répartis dans l'écorce terrestre. Le rapport hélium-argon croît régulièrement et très vite en fonction de la profondeur. — M. **A. Bach** et Mme **S. Zoubkoff** : *Contribution à l'étude des indices d'enzymes du sang. Dosage de la catalase, de la peroxydase et de l'éthérase dans une goutte de sang.* Les auteurs dosent la catalase du sang par la quantité d'H^2O^2 décomposé, la peroxydase par la quantité de gaïacol oxydé et l'éthérase par la quantité de gaïacol mis en liberté du sulfogaïacolate de potassium et oxydé. Par mm^3 de sang humain, les auteurs ont trouvé en moyenne : 17,8 mgr. H^2O^2 décomposé ; 0,121 mgr. de gaïacol décomposé ; 0,131 mgr. de gaïacol mis en liberté et oxydé.

2° Sciences naturelles. — M. **P. H. Fritel** : *Sur la présence des genres* Gangamopteris *M'Coy et* Schizoneura *Sch. et M. dans les grès de l'Ankazomanga (sud de Madagascar).* L'étude de matériaux recueillis par M. Perrier de la Bathie a permis à l'auteur d'établir la présence, dans le SW de Madagascar, des genres *Gangamopteris* et *Schizoneura* qui n'y avaient pas encore été signalés. Le premier est représenté par deux espèces : *G. major* et *G. cyclopteroides*, caractéristiques d'un niveau habituellement riche en houille qui établit la transition entre le Carbonifère proprement dit et le Permien. La présence de ces deux genres constitue un nouveau trait d'union géographique entre la flore de l'hémisphère oriental et celle de l'hémisphère occidental à l'époque artinskienne. — M. **E. Kayser** : *Influence des radiations lumineuses sur un fixateur d'azote.* L'auteur a étudié l'influence des diverses radiations lumineuses sur l'*Azobacter agile*. C'est dans le jaune et le vert qu'il assimile le maximum d'azote, correspondant au maximum de sucre disparu et à la masse microbienne maxima recueillie sur le filtre. L'assimilation est minimum dans le violet. — M. **J. Y. Heymans** : In vivo *comme* in vitro *les microbes passent à travers la paroi du filtre.* Un sac de roseau collodionné, renfermant des spores de charbon, et absolument étanche pour celles-ci, est placé dans le péritoine d'un lapin. Après un intervalle ne dépassant pas 30 jours, le bacille du charbon traverse la paroi du sac et infecte l'animal. L'auteur estime que les microbes doivent germer et pousser à travers les pores des membranes, sous une forme excessivement ténue ou ultra-microscopique. Les mêmes phénomènes de diapédèse microbienne ont été observés dans des cultures *in vitro*. — M. **G. Bertrand** : *Observations sur les propriétés des substances lacrymogènes et sur la mesure de leur activité.* L'auteur a déjà décrit antérieurement le principe de la méthode de mesure du pouvoir lacrymogène des substances irritantes préconisée récemment par Dufraisse (voir p. 738). Le minimum de concentration perceptible, ou concentration de seuil, ne dépend pas seulement, pour un même observateur, de la nature de la substance considérée, mais aussi de la durée de l'observation. Aussi est-on obligé pratiquement de choisir une concentration de seuil arbitraire, assez éloignée du minimum de concentration perceptible pour donner lieu à des sensations nettes.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 2 Novembre 1920

M. **G. Hayem** : *De l'auscultation du tube digestif: tableau général.* L'auscultation, qui a fait faire un si grand pas à l'étude des maladies du thorax, peut fournir des renseignements d'une grande utilité quand on l'applique à l'étude des affections du tube digestif. Les bruits d'auscultation, perçus au moyen du sthétoscope ordinaire, peuvent être répartis en 5 sections : 1° bruits pharyngo-œsophagiens, se produisant au niveau du pharynx, le long de l'œsophage (cardia compris) ; 2° bruits stomacaux (estomac et pylore) ; 3° bruits intestinaux ; 4° bruits péritonéaux ; 5° bruits transmis, c'est-à-dire produits au niveau des viscères voisins et propagés jusqu'à la paroi abdominale par l'intermédiaire du paquet gastro-intestinal. L'auteur décrit les conclusions que l'on peut tirer de l'existence de chacun de ces bruits.

Séance du 9 Novembre 1920

MM. **P. Marie**, **Crouzon** et **Bouttier** : *De la nécessité de vérifier la pureté du tartrate borico-potassique dans son emploi contre l'épilepsie.* A la suite de certaines

déceptions obtenues dans le traitement de l'épilepsie par le tartrate borico-potassique, les auteurs ont soumis à l'analyse 15 échantillons de ce produit, achetés dans différentes officines. 2 étaient des corps tout à fait différents, 4 étaient réellement constitués par ce sel, 9 étaient nettement impurs et contenaient du tartrate acide de potassium dans une proportion de 25 à 89 %. Il y a donc lieu de vérifier la pureté du tartrate borico-potassique avant de l'employer. — M. **F. Barbary**: *Essais d'immunisation artificielle de l'organisme tuberculeux. Utilisation d'un nouvel agent thérapeutique, la cinnamaïne associée à la cholestérine.* Pour créer artificiellement la tolérance aux bacilles tuberculeux chez l'homme, l'auteur a cherché à provoquer une modification humorale qui, par étapes, aboutit à un état de défense. Cette action biochimique a pu être obtenue en associant les propriétés de la cinnamaïne (cinnamate de benzyle) à celles de la cholestérine. Sous l'influence d'injections répétées d'un mélange de ces deux produits, on constate une régression des symptômes locaux et généraux de l'infection bacillaire; en même temps, la formule leucocytaire du sang devient une formule de résistance, et les bacilles expulsés dans les crachats sont agglutinés, déformés et emmurés par les macrophages.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 6 Novembre 1920

M. **J. Belehradek**: *Sur le mouvement des Vorticelles.* Le pédoncule des Vorticelles, considéré jusqu'à présent comme un prototype de muscle, n'est qu'un flagellum modifié, parce que ses mouvements ne consistent pas en un raccourcissement et en un élargissement de son myonème, mais en une brusque rotation spiralée. Cette modification est accompagnée d'un certain nombre de rotations du corps, ce qui ne se produirait pas s'il s'agissait d'une rotation musculaire. — MM. **G. Ichok, L. Goldenberg et B. Fried**: *Réaction de fixation dans le lupus.* Leloir a démontré en 1881 la nature tuberculeuse du lupus. Les auteurs ont recherché si l'organisme du malade atteint de tuberculose atténuée est capable de produire des anticorps; ils ont opéré avec l'antigène de Besredka sur 104 lupiques; 66,4 % ont donné une réaction positive, 17,3 % une réaction partielle et 16,3 % une réaction négative. — M. **Muller**: *Une particularité du développement du fémur, de l'humérus et du tibia du fœtus humain.* L'étude des coupes amincies des os longs montre qu'il existe pendant toute la période de croissance, et surtout chez le fœtus, des dispositions des travées osseuses particulières à chaque os. Elles consistent en une zone radiée dans le fémur, deux dans l'humérus et trois dans le tibia; ces zones radiées correspondent à des groupements de points d'insertion des muscles puissants. Au point de vue médico-légal, l'étude de ces dispositions permet de déterminer à quel os appartient un fragment de diaphyse. — M. **M. Mozer**: *La recherche du bacille de Koch dans le pus des tuberculoses externes.* Le plus simple et le plus précis des procédés de recherche du bacille de Koch dans le pus des tuberculoses externes est l'homogénéisation par la soude, suivie de la centrifugation, qui a donné à l'auteur, avec un outillage restreint, 94 % de résultats positifs.

Séance du 13 Novembre 1920

M. **J. Giaja**: *L'énergie biologique fondamentale.* L'auteur arrive à la conclusion que l'homéotherme et le poïkilotherme ont un fond énergétique du même ordre de grandeur, auquel se superpose, chez le premier, une mise en jeu d'énergie supplémentaire, probablement d'origine nerveuse. — MM. **J. Giaja et M. Djermanovitch**: *Action du toluène sur la levure desséchée.* Euler et Kullberg ont constaté que le toluène entrave notablement le pouvoir fermentatif de la levure desséchée. Les auteurs montrent que cette même levure, chauffée pendant 1 h. à 70° ou pendant 6 h. à 45°, devient insensible à l'action du toluène. La levure située dans le fond des boîtes de levure est douée de la même propriété, sans aucun chauffage préalable. — M. **P. Wintrebert**: *Les effets de l'eau de mer sur les myotomes et le cœur des jeunes embryons de Sélaciens.* L'eau de mer peut modifier les réactions d'un embryon d'une manière variable suivant que le revêtement cutané est ou non lésé. Pour le *Scylliorhinus canicula*, le cœur d'un embryon dont l'ectoderme a été déchiré dans l'eau de mer continue à battre, en période aneurale, alors que les myotomes s'arrêtent. Le fonctionnement neuromusculaire du *Scylliorhinus* continue dans les conditions où la contraction aneurale s'arrête. La reprise précoce du mouvement aneural, après une très large blessure, semble tenir à l'obturation rapide de la plaie par un exsudat fibrineux. — M. **G. Guillain**: *Le réflexe naso-palpébral (trijumeau-facial) et sa valeur pronostique dans la paralysie faciale.* Le réflexe naso-palpébral par percussion de la racine du nez est presque toujours aboli dans les paralysies faciales périphériques au début. Il peut cependant être seulement diminué, et le pronostic est alors favorable; dans d'autres cas, son abolition persistante est un signe pronostic sérieux à prendre en considération.

MM. **Armand-Delille** et **Stodel** sont élus membres titulaires de la Société.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 2 Juillet 1920

M. **J. Carvallo**: *Méthode universelle de mesure et de compensation de l'astigmatisme instrumental et oculaire.* Comme l'œil présente des défauts, certaines lentilles industrielles présentent souvent des vices de construction, ceux-ci pouvant être dus à une mauvaise qualité des surfaces réfringentes ou à un léger défaut d'homogénéité du verre. Il est *bien rare* que ce défaut soit trop irrégulier pour produire autre chose que de l'astigmatisme pur et qu'on ne puisse utiliser la lentille à la réalisation d'excellents systèmes optiques grâce à une méthode de compensation appropriée. Cette compensation pose le problème de l'astigmométrie instrumentale. Quand une lentille est douée d'astigmatisme pur, tout se passe comme si chacune de ses sections principales était caractérisée par une convergence c variable entre deux valeurs maxima et minima c_1 et c_2 correspondant à deux azimuts perpendiculaires. On appelle « astigmatisme de la lentille » la différence $a = c_1 - c_2$ et « plan principal de l'astigmatisme » le plan de convergence maxima. Tous les problèmes d'astigmométrie instrumentale peuvent être résolus grâce au théorème suivant, qui sert de base à une méthode de zéro extrêmement féconde : Si deux éléments optiques astigmates, disposés à distance finie l'un de l'autre sur un même axe optique, ont pu être réglés de façon à constituer un ensemble dénué d'astigmatisme, on peut affirmer : 1° que les plans principaux d'astigmatisme sont à angle droit; 2° que les astigmatismes sont inversement proportionnels au carré des distances de l'image intermédiaire à chacun des deux éléments. En accolant deux lentilles plan-cylindriques minces, de convergences C égales et de signes contraires, et susceptibles de tourner autour de leur axe optique commun de quantités α constamment égales et de signes contraires, on obtient un élément optique dont l'astigmatisme résultant a pour valeur $a = 2\,C \sin 2\alpha$, dont la convergence moyenne est nulle et dont le plan principal d'astigmatisme a une direction fixe dans l'espace. C'est ce qu'on peut appeler « un astigmocompensateur ». Un tel appareil permet, évidemment, de mesurer un astigmatisme A d'un ordre de grandeur quelconque; il suffit, pour cela, de savoir placer le plan principal de A perpendiculairement à celui de a, de disposer d'une mire et d'un dispositif d'observation de l'image de celle-ci à travers les deux éléments a et A, particulièrement sensibles à l'astigmatisme, et enfin de donner des valeurs convenables aux distances de l'image intermédiaire aux deux élé-

ments optiques que l'on compare. La mesure consiste alors à supprimer l'astigmatisme résultant en agissant simplement sur α. A s'exprime facilement en fonction de α. Cette méthode générale s'applique très simplement au cas d'un élément convergent et au cas de l'astigmatisme de l'œil. Dans tous les cas, elle utilise une mire constituée essentiellement par un cercle et deux diamètres perpendiculaires. Lorsque le compensateur est au zéro, l'astigmatisme de l'élément à étudier se manifeste par un trouble de l'image ; le cercle apparaît flou, sauf en deux régions diamétralement opposées qu'il est possible de mettre au point. Ces deux régions tournent en même temps que l'élément à étudier et en indiquent le plan principal d'astigmatisme. On peut ainsi orienter celui-ci convenablement par rapport au compensateur, et il n'y a plus qu'à agir sur l'angle de celui-ci jusqu'à ce que le cercle apparaisse parfaitement net et les deux diamètres dans le même plan. Quand on veut mesurer l'astigmatisme d'une lentille, on règle l'orientation relative de l'élément à étudier et du compensateur en faisant tourner l'élément ; quand il s'agit, au contraire, de mesurer l'astigmatisme de l'œil, c'est le compensateur qu'on fait tourner. En ce qui concerne la mesure de l'astigmatisme instrumental, la sensibilité de la méthode est pratiquement illimitée. Il suffit qu'un astigmatisme produise un effet visible pour qu'on puisse certainement le mesurer.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 26 Juin 1920

1° Sciences mathématiques. — M. **Arnaud Denjoy** : *Sur une classe de fonctions admettant une dérivée seconde généralisée.* — MM. L. E. J. Brouwer et Hendrik de Vries présentent un travail de M. **J. Wolff** : *Sur le théorème de Picard.* Démonstration de ce théorème basée sur la théorie de Landau.

2° Sciences physiques. — MM. W. H. Julius et P. Ehrenfest présentent un travail de M. **W. Koster**: *Sur la théorie de l'hystérèse suivant Volterra.* L'auteur montre que les hypothèses faites par Volterra dans sa théorie de l'hystérèse élastique, si elles ont une signification physique, peuvent avoir pour effet une dissipation de l'énergie. — MM. H. A. Lorentz et F. A. H. Schreinemakers présentent un travail de M. **J. J. van Laar** : *Les grandeurs critiques dans le cas d'association, lorsque, par dissociation des molécules en atomes isolés, l'attraction moléculaire subit une augmentation notable ; application aux grandeurs critiques du mercure.* II (fin). — MM. W. H Julius et J. P. van der Stok présentent un travail de M. **H. C. Burger**: *Le processus de la congélation considéré comme un problème de conduction calorifique.* Théorie de la croissance de germes ou fragments solides dans un liquide surfondu. — MM. H. A. Lorentz et W. H. Julius présentent un travail de M. **H. C. Burger** : *Observations de température dans la congélation.* Mesures de température dans du salol surfondu, en voie de congélation. La température est maximum au contact solide-liquide, mais est loin d'atteindre la température de fusion. — M. **I. K. A. Wertheim-Salomonson** : *La sensibilité limite du galvanomètre à corde.* II. Examen de l'influence de la pesanteur. — MM. H. A. Lorentz et W. H. Julius présentent un travail de M. **B. van der Pol** : *Discontinuités dans l'aimantation.* Description de quelques nouveaux phénomènes observés dans la répétition et le développement des expériences de Barkhausen. — MM. P. Zeeman et S. Hoogewerff présentent deux travaux de M. **A. Smits** : *Sur la validité de la loi de partage dans l'équilibre entre une phase cristalline mixte et un liquide coexistant.* I. Etude des équilibres dans le système dichlorobenzène-dibromobenzène-alcool, prouvant la validité de la loi de partage comme loi limite. *La détermination thermo-électrique de points de transformation.* I (en collaboration avec M. **J. Spuyman**). Détermination du point de transformation de l'étain tétragonal en étain rhombique par l'observation de la force électro-motrice de couples étain-fer et étain-cuivre. — M. **F. M. Jaeger** : *Deux d-fructoses chlorotétra-acétylés isomères.* — M. **F. M. Jaeger** : *Les formes cristallines de quelques amides substituées de l'acide para-toluolsulfonique.*

3° Sciences naturelles. — MM. J. Boeke et L. Bolk présentent un travail de M. **W. Woerdeman** : *Sur un ovaire humain avec un grand nombre de follicules anormaux et la signification génétique de cette anomalie.* — MM. J. F. van Bemmelen et J. Boeke présentent un travail de M. **H. O. Antonius** : *Remarques sur quelques crânes de mammifères de la Sardaigne.* — MM. J. Boeke et Max Weber présentent un travail de M. **G. Stiasny** : *Sur des Tornaries des Indes Occidentales et un aperçu des Tornaries à tentacules connues jusqu'à présent.* — MM. G. van Rynberk et E. D. Wierdsma présentent un travail de Mlle **Lucie W. Schut** : *Quelques facteurs importants pour la formation d'habitudes chez les oiseaux. I. Excitations visuelles.* Répétition et confirmation d'expériences de Buytendijk. — MM. W. Einthoven et I. K. A. Wertheim Salomonson présentent deux travaux de M. **S. de Boer** : *Sur l'extra-pause artificielle du ventricule du cœur de grenouille* et *Changements de rythme artificiels et spontanés du cœur de grenouille exsangue.* — MM. R. Magnus et **C. A. Pekelharing** présentent un travail de MM. **W. Storm van Leeuwen** et **J. Zeydner** : *Sur l'adsorption de poisons par des parties du corps animal. II. Le pouvoir du sérum de lapin de se combiner à l'atropine.* Expériences montrant que le sérum de lapin possède à un haut degré le pouvoir de fixer l'atropine, mais sans la décomposer. — M. **G. A. F. Molengraaf** : *La situation géologique des terrains pétrolifères des Indes Orientales néerlandaises.* Les trois grands terrains pétrolifères de Sumatra, Java et Bornéo oriental se sont formés à l'époque néogène dans des domaines géosynclinaux, au bord du continent de la Sonde qui fut immergé en grande partie après l'époque pléistocène.

J.-E. V.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Ed., rue de la Bertauche, 1, Sens.

31e ANNÉE N° 24 30 DÉCEMBRE 1920

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences, de l'Académie de Médecine

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Frédéric Houssay. — L'œuvre de Frédéric Houssay, enlevé récemment et prématurément à la science française, est de celles qui attirent et retiennent l'attention, se faisant valoir à la fois par son étendue considérable, témoignage de l'activité laborieuse de son auteur, et par la hauteur ainsi que par l'originalité des idées qui l'ont soutenue et conduite.

Reçu en même temps (1879) à l'Ecole Normale supérieure et à l'Ecole Polytechnique, Houssay opta pour la première. Son temps d'études terminé, il resta à l'Ecole en qualité d'Agrégé-préparateur. Il y travailla, pour le doctorat ès sciences naturelles, sous la direction de Lacaze-Duthiers, à une thèse sur « l'opercule et les glandes du pied des Mollusques Gastéropodes ». Après la soutenance, en 1884, il accompagna la mission Dieulafoy en Susiane et en Perse, et revint en 1886. Dès son retour, il fut désigné pour occuper les fonctions de Maître de conférences de Zoologie à la Faculté des Sciences de Lyon. Il ne fit dans son pays natal, où il devait mourir plus tard pendant les vacances de 1920, qu'un séjour assez court. Il revint à Paris en 1888, comme Maître de conférences à l'Ecole Normale supérieure, et fut ainsi pourvu d'un enseignement magistral dans le lieu même où, peu d'années auparavant, il figurait comme élève. Plus tard, en 1904, lors de la transformation de l'Ecole, sa chaire fut rattachée à la Sorbonne, où il prit place désormais comme Professeur à la Faculté des Sciences. Maître éloquent et précis, avide des questions difficiles, son enseignement a laissé l'impression la plus vive chez ceux qui l'ont suivi.

Après les premiers travaux du commencement, sa carrière scientifique personnelle, où s'affirme d'emblée l'originalité de son esprit, débute dès son entrée dans l'enseignement actif. La recherche de laboratoire accompagne, chez lui, la leçon de l'amphithéâtre, et, depuis, les deux ne se sont plus quittées. Houssay s'attaque, dès ce moment, à l'un des problèmes les plus ardus de l'Embryologie, celui de la métamérie cranienne des Vertébrés. Les controverses sur ce sujet sont nombreuses; elles durent encore. Il y apporta sa contribution par une étude approfondie du développement embryonnaire d'un Batracien, l'Axolotl, que l'histoire de ses métamorphoses avait déjà rendu célèbre d'autre part. Houssay se range parmi les partisans de la théorie métamérique, et admet que le crâne se trouve constitué par l'union de dix segments, dont il retrouve dans divers organes les parties plus ou moins modifiées. Son travail complet, après plusieurs notes préliminaires, a été publié, en 1890 et 1891, dans les *Archives de Zoologie expérimentale*, et dans le *Bulletin scientifique de la France et de la Belgique*.

Cette incursion dans l'embryologie éveilla, chez le jeune professeur, des idées nouvelles, dont il tenta d'établir les preuves avec résolution. Partisan, parmi les théories évolutionnistes, de celles qui s'inspirent des conceptions de Lamarck relatives à l'action du milieu et à celle de l'usage, il essaya de les démontrer par le moyen de l'expérimentation associée à l'observation, ou, comme il le dit, de la morphologie expérimentale. Ceci ne vise que la méthode employée par le chercheur; quant à la science morphologique elle-même, il la voit plus vaste et plus complexe qu'on ne l'envisage d'habitude. Le milieu lamarckien, c'est-à-dire le milieu capable d'agir pour modifier les formes des êtres, doit se considérer, par rapport à l'individu, comme un ensemble de forces constantes. La Morphologie, aux yeux de Houssay, devient une science mécanique comprenant les trois parties : une Morphologie statique, embrassant l'Anatomie et la Zoologie descriptives et comparées selon le concept de Cuvier; une Morphologie cinématique, comprenant l'Embryologie et la Paléontologie prises selon la succession et l'enchaînement des formes; enfin une Morphologie dynamique, s'attachant à la recherche même des causes de l'évolution, et des forces qui agissent sur les êtres pour les modifier. C'est à cette dernière que Houssay a consacré la suite de ses travaux.

Il commence, selon cette inspiration, par étudier des variations d'organes effectuées sous des influences déterminées. Il examine les modifications introduites dans l'organisme des Poules par le changement du régime alimentaire, où la viande est substituée au grain; il les observe pendant six générations consé-

cutives. Il constate l'apparition, chez ces Poules carnivores, d'altérations sensibles dans la disposition et le fonctionnement de plusieurs appareils, dont l'une des plus remarquables est la réduction en taille du jabot et du gésier. Ces travaux, publiés en 1907 dans les *Archives de Zoologie expérimentale*, concluent en faveur de la variation par action directe du milieu et de l'hérédité des caractères acquis.

Sa visée s'élargit ensuite. Au lieu de s'adresser à un appareil, partie de l'organisme, Houssay tente de s'adresser à l'organisme entier. Il applique sa méthode aux Poissons, dans le but d'expliquer leurs formes et leur sériation. La question devient pour lui un problème d'hydrodynamique, qu'il expose en entier dans un volume publié en 1912 (*Forme, puissance, et stabilité des Poissons*), que j'ai analysé en son temps dans cette Revue. Son expérimentation devient aussi ingénieuse que variée, pour obtenir le résultat de morphogenèse qu'il entrevoit. Il établit des modèles artificiels de dispositions différentes. Il étudie la natation des Poissons vivants de diverses formes, en attachant à leur corps des fils flottants destinés à déceler les mouvements de l'eau autour de l'animal. Il en aboutit à cette notion que les mouvements tourbillonnaires de l'eau, provoqués par la progression de l'individu, ont modelé le corps, le tronc, la queue, les nageoires, et que les formes ont été progressivement créées par l'action directe du milieu.

Une recherche technique aussi active s'accompagne aisément, dans l'esprit de celui qui l'entreprend, d'une recherche correspondante sur les données générales de la science. Houssay n'y manqua point; il avait devant lui un vaste champ largement ouvert, et il y pénétra hardiment. Après un premier volume, publié en 1889, consacré aux *Industries des animaux*, parmi lesquelles il retrouve le rudiment des industries humaines, il livre au public, à plusieurs reprises, les résultats de ses réflexions philosophiques. C'est ainsi que parurent successivement trois ouvrages : en 1900, *La Forme et la Vie*, essai de la méthode mécanique en Zoologie ; en 1903, *La Nature et les Sciences naturelles* ; en 1910, la *Morphologie dynamique*. Ces titres, à eux seuls, expliquent et commentent; ils mettent à nu la pensée du philosophe et l'activité du technicien. L'une et l'autre, la constatation objective et l'abstraction généralisante, aboutissent à cette notion ultime, que la modification de la forme est un phénomène fonctionnel, et que la Morphologie dynamique est surtout l'étude d'une incarnation de l'énergie.

D'accueil distingué et courtois, de parole aisée et avisée, la confiance et l'estime de ses collègues lui valurent d'être choisi, en 1919, pour remplir les absorbantes et délicates fonctions de Doyen de la Faculté des Sciences. Cette tâche nouvelle n'arrêta point son ardeur au travail. Il occupa les rares répits, que lui laissait son labeur administratif, à compléter les études entreprises, après celles des Poissons, sur le vol des Oiseaux et la forme de leurs ailes. Il fréquenta les collections d'Anatomie comparée du Muséum national d'Histoire naturelle, et il effectua des mensurations détaillées sur 238 squelettes, afin de pouvoir établir un rapport, un indice morphologique du vol, sur quoi ses vues se baseraient. Ce travail technique, le dernier qu'il ait publié, a paru en 1919 dans le *Bulletin du Muséum*.

Je le rencontrais parfois pendant qu'il faisait ces dernières recherches. Sa conversation, toujours affable, avait pourtant un ton de sérénité et de mélancolie qu'elle ne possédait pas auparavant. On retrouvait en elle l'écho des idées qu'il exposait dans son cours, et qu'il a traitées dans son dernier volume de Philosophie naturelle, *Force et Cause*, presque posthume, publié en 1920, analysé ici même voici peu de mois. Dans la dégradation universelle de l'énergie, la vie lui apparaissait comme un arrêt et un rehaut, la pensée comme une libération hors des astreintes de la matière, la bonté comme une des résultantes de l'évolution. De telles envolées, vers ces hauteurs abstraites où la philosophie scientifique confine volontiers à l'idéalisme platonicien, plaisaient et souriaient à Houssay. Il trouvait en elles une consolation et un réconfort. Il avait perdu son fils, tué à l'ennemi, au début de la guerre, pendant la retraite de nos armées. Peu d'années après, la guerre étant finie, et notre victoire acquise, le père a rejoint le fils.

Louis Roule,
Professeur au Muséum national
d'Histoire naturelle.

§ 2. — Physique

Une nouvelle méthode de mesure de la vitesse instantanée des ondes sonores. — En se basant sur l'hypothèse des déplacements infiniment petits, Newton a donné une formule de la vitesse du son, d'après laquelle tous les sons se déplacent avec la même rapidité. Plus tard, d'autres savants, en particulier Earnshaw, sont arrivés à la conclusion que la vitesse du son dans l'air est une fonction à la fois de l'intensité et de la hauteur, l'influence de cette dernière étant d'ailleurs très faible. D'après Earnshaw, aucun son ne se propage sans doute plus rapidement qu'un coup de tonnerre; puis, dans l'ordre des vitesses décroissantes, viendraient le bruit de la détonation des armes à feu, et au bas de l'échelle le son de la voix humaine.

On ne possède pas encore de bonnes mesures de la vitesse du tonnerre; mais de nombreux expérimentateurs ont cherché à déterminer la vitesse des ondes produites par les étincelles électriques. Bien que l'énergie mise en jeu soit beaucoup plus faible, il est certain que la génération de ces ondes est extrêmement violente et pratiquement instantanée, et qu'on doit constater, très près de la source, une augmentation de la vitesse de l'onde.

La plupart des savants, Mach en particulier, se sont servi, pour l'étude de ce problème, des bandes produites, sur une plaque de verre recouverte de particules de suie, par l'interférence des ondes provenant de deux étincelles ou d'une étincelle et de son image par réflexion. M. A. L. Foley[1], qui vient de reprendre l'examen de la question, estime que cette méthode ne peut donner que des vitesses moyennes et non des vitesses instantanées, et, pour remédier à cet inconvénient, il propose une méthode photographique directe.

L'ombre d'une onde sonore — produite par une étincelle électrique au centre d'une longue boîte rectangulaire imperméable à la lumière — est projetée sur une plaque sensible située à une extrémité de la boîte au moyen de la lumière émise par une étincelle éclatant à intervalles fixés à l'autre extrémité. Un disque d'acier à bord denté tourne à une vitesse élevée et connue devant la plaque et parallèlement à elle, l'ombre du disque couvrant seulement une bande étroite sur l'un des bords de la plaque. Les deux étincelles sonore et lumineuse projettent à la fois des ombres des encoches sur la plaque; la distance entre les deux ombres d'une même encoche donne l'intervalle de temps entre les étincelles, et l'image de l'onde sonore indique la distance parcourue par l'onde dans cet intervalle. On établit la courbe distance-temps; la tangente à la courbe en un point donné donne la vitesse instantanée de l'onde en ce point.

M. Foley a effectué non moins de 280 déterminations de vitesse d'ondes par ce procédé, en faisant varier les facteurs en jeu : rayon de l'onde allant de 0,32 à 50 cm., étincelles plus ou moins intenses, vitesse du bord du disque allant jusqu'à 200 m. à la seconde. Alors que les expériences antérieures n'avaient pas permis de déterminer les vitesses en des points distants de moins de 8 cm. de l'étincelle, la nouvelle méthode a permis de se rapprocher jusqu'à 3,2 mm. de la source.

Les résultats obtenus montrent que la vitesse ins-

1. *The Physic. Review*, 2e sér., t. XVI, n° 5, p. 449; nov. 1920.

tantanée des ondes émises par les étincelles dépend bien de l'intensité de l'onde, c'est-à-dire à la fois de l'intensité de l'étincelle et de la distance à la source. On a observé à 3,2 mm. de la source une vitesse de l'onde presque double de la vitesse normale du son, et celle-ci tombe à la normale à une distance d'environ 2 cm. de la source.

Les vitesses beaucoup plus élevées qui ont été obtenues par d'autres auteurs, et qui sont d'ailleurs des vitesses moyennes, sont le résultat d'erreurs inhérentes aux méthodes employées. La principale est l'emploi de tubes étroits ou « canaux », qui accélère notablement la vitesse. M. Foley donne la photographie d'une onde sonore, dont une partie passe un tube étroit de la dimension utilisée par Mach, et dont l'autre s'étend librement dans l'espace qui entoure l'étincelle ; or la première se propage avec une vitesse de 30 % plus élevée que la seconde.

Le coefficient d'aimantation des sels paramagnétiques solides et la théorie du magnéton. — Quand une substance paramagnétique suit la loi de Curie, c'est-à-dire a un coefficient d'aimantation inversement proportionnel à la température absolue, la théorie de Langevin permet de déduire le moment atomique d'une seule mesure faite à la température ordinaire. Tel est le cas des gaz paramagnétiques et des solutions étendues des sels paramagnétiques [1].

Dans les sels paramagnétiques solides, où les actions mutuelles entre les molécules magnétiques ne sont pas négligeables, la variation de l'inverse du coefficient d'aimantation est encore linéaire, mais cet inverse s'annule en un point de Curie différent du zéro absolu. Il est alors nécessaire de faire l'étude de la variation thermique de l'aimantation pour pouvoir calculer le moment atomique.

Une étude de cette espèce a été faite sur un grand nombre de sels solides par Honda et ses collaborateurs. Ces physiciens ont considéré les moments atomiques déduits de leurs mesures comme étant en désaccord avec la théorie du magnéton, mais Cabrera, reprenant la discussion des mêmes expériences, estime au contraire qu'elles lui sont favorables.

Ces expériences ont le caractère d'une première investigation. Il importait de les reprendre avec une précision notablement accrue. C'est ce qu'a fait M. Théodoridès [2] pour quelques sels. Il trouve que la variation linéaire de l'inverse du coefficient d'aimantation avec la température se vérifie avec une grande exactitude, conformément à la théorie du champ moléculaire. Les sulfates examinés ont un champ moléculaire négatif et un point de Curie virtuel, situé au-dessous du zéro absolu ; les chlorures, au contraire, ont un champ moléculaire positif et un point de Curie situé au-dessus du zéro absolu. Voici les valeurs numériques trouvées :

Sulfate ferrique anhydre.....	28,95	magnétons
— de cobalt.....	25,01	—
— manganeux.....	29,02	—
Clorure de nickel (20°-125°).....	16,03	—
— — (175°-475°).....	16,92	—
— de cobalt.....	24,98	—
— manganeux.....	28,44	—
Oxyde manganeux (20°-235°).....	27,43	—
— — (350°-550°).....	26,43	—

Les résultats de M. Théodoridès sont donc en accord avec la théorie du magnéton, à l'exception des trois derniers. Mais les différences entre ces trois nombres sont très exactement d'un magnéton. Le cas du manganèse reste donc à élucider plus complètement.

Dans les expériences précédentes, le coefficient d'aimantation a été corrigé du diamagnétisme de l'anion. Le diamagnétisme sous-jacent de l'atome magnétique est négligeable. Il cesse de l'être lorsque le moment atomique est faible. La variation de l'inverse du coefficient d'aimantation avec la température n'est plus linéaire. On peut alors, sur des expériences suffisamment précises, chercher par tâtonnement quel est le diamagnétisme qu'il faut retrancher pour retrouver la loi linéaire. M. Kopp a pu ainsi, grâce à la connaissance de la variation thermique, séparer le paramagnétisme du diamagnétisme du même atome et déterminer numériquement l'un et l'autre. Voici ses résultats :

	Coeff. d'aim. diamagn.	Moment atomique
Platine	$\chi_d = -0{,}14 \times 10^{-6}$	7,93 magnétons
Palladium....	$-0{,}54 \times 10^{-6}$	8,03 —

Le platine et le palladium rentrent ainsi dans le groupe des corps simples pour lesquels la théorie du magnéton se vérifie en valeur absolue avec une précision suffisante.

§ 3. — Chimie industrielle

Le développement des explosifs à l'oxygène liquide. — C'est en 1897 qu'on découvrit en Allemagne les propriétés explosives d'un mélange d'oxygène liquide et de matière charbonneuse ; mais le développement de ce genre d'explosifs a été très lent jusqu'au commencement de la guerre. Les raisons principales en sont : 1° la nécessité de l'installation d'une fabrique d'air liquide, très coûteuse ; 2° l'inutilisabilité de cet explosif dans le percement des tunnels et des puits, ainsi que dans les mines grisouteuses ; 3° l'hostilité des mineurs et carriers accoutumés à l'emploi de la dynamite ou de la poudre ordinaire.

Mais l'Allemagne ayant été coupée par le blocus de ses approvisionnements en nitrate du Chili, et ses nitrates synthétiques devant être réservés d'abord à la fabrication des explosifs de guerre, l'attention fut ramenée sur l'emploi des explosifs à l'oxygène liquide (oxyliquite), pour la préparation desquels les matières premières étaient illimitées. Ceux-ci ont été employés sur une grande échelle dans les mines de houille non grisouteuses de la Haute-Silésie, dans les travaux d'excavation des villes et même la construction des tunnels, dans les mines de fer non seulement d'Allemagne mais du bassin de Briey occupées par les Allemands, et enfin dans la destruction systématique des usines du nord de la France ; la découverte d'une circulaire militaire confidentielle, donnant les instructions nécessaires pour l'emploi des explosifs à l'air liquide, ne laisse aucun doute sur ce dernier point.

La question ne s'est guère posée chez les Alliés, qui pouvaient continuer l'importation des nitrates du Chili. Cependant, vers la fin de la guerre, vu la raréfaction de la glycérine et le coût élevé de la dynamite et de la poudre aux Etats-Unis, on commençait à se préoccuper dans ce dernier pays de l'introduction des explosifs à l'oxygène liquide.

Depuis la fin de la guerre, il semble que ce problème ne se pose plus. Cependant, d'une étude à laquelle s'est livré le Bureau américain des Mines [1], il résulte que les explosifs à l'oxygène liquide peuvent être particulièrement appréciés dans certaines conditions.

On peut revendiquer pour eux les avantages suivants :

1° Frais moins élevés par unité de substance enlevée ;

2° Absence de tout danger dans le transport jusqu'au point d'utilisation ;

3° Absence pratique d'éclatement prématuré ;

4° Elimination du danger d'explosion retardée, tout l'oxygène étant évaporé 30 à 40 minutes après l'allumage ;

1. P. Weiss : Le magnéton. *Rev. gén. des Sc.*, t. XXV, p. 12 ; 15 janv. 1914.

2. *Arch. Sc. phys. et nat.*, 5e pér., t. II, p. 417 ; sept.-oct. 1920. *C. r. Acad. Sc.*, t. CLXXI, p. 715 ; 18 oct. 1920, et p. 948 ; 15 nov. 1920.

1. *Technical paper* n° 243, *Bureau of Mines*. Washington, 1920.

5° Elimination du danger de cartouches non explosées dans les déblais ou la houille sortant d'une mine;

6° Absence de danger provenant de la conservation en magasins, comme ceux qui se présentent avec la dynamite ou la poudre;

7° Avantage provenant de la présence d'une fabrique d'oxygène liquide pour d'autres buts: appareils respiratoires, torche oxy-acétylénique, etc.

Les inconvénients sont les suivants:

1° A cause de son évaporation rapide, l'oxygène liquide doit être utilisé rapidement et à un moment défini après le chargement du trou, ce qui limite à 3 ou 4 le nombre des coups qui peuvent être tirés en un même endroit;

2° L'usine de liquéfaction doit être située aux environs immédiats de la mine;

3° Pour réduire les frais, cette usine doit fonctionner d'une façon continue;

4° Comme ils allument le grisou, les explosifs à l'oxygène liquide ne peuvent être employés dans les mines grisouteuses.

Malgré ces inconvénients, les autorités du Bureau des Mines des Etats-Unis estiment que les explosifs à l'oxygène liquide arriveront un jour à concurrencer la poudre et la dynamite dans les mines de houille non grisouteuses, les mines métalliques, les mines de sel, les carrières, surtout si le prix des explosifs habituels se maintient à un taux élevé.

§ 4. — Biologie

La Flagellose des Euphorbes. — Lafont a désigné sous le nom de *Flagellose* la maladie causée par la pullulation dans le latex des Euphorbes d'un Protozoaire, un Flagellé, proche parent des Trypanosomes. La découverte du *Leptomonas davidi* Lafont, faite en 1909 à Maurice, a été bientôt confirmée en différents endroits d'Afrique, d'Asie, d'Amérique et finalement par nous, au Portugal.

Depuis nos premières recherches[1], nous avons vérifié l'aspect maladif des parties attaquées, la localisation de l'infection et la trace de l'inoculation. Les parties parasitées par les Leptomonades conservent pendant quelque temps l'aspect d'une bonne santé, mais, peu à peu, les feuilles deviennent jaunâtres, celles-ci et les rameaux infectés se dessèchent, s'atrophient et se détachent avec grande facilité.

Ces symptômes sont précédés d'un appauvrissement du latex; celui-ci devient aqueux, presque incolore, très pauvre en bâtonnets d'amidon, et finit par disparaître. La moindre perturbation causée par la flagellose est une atrophie, un arrêt dans le développement de la partie atteinte. Quand l'infection est généralisée, quand la tige est infectée, l'Euphorbe meurt, quelquefois très rapidement. D'ordinaire, l'infection est localisée et il n'est pas rare de voir un des rameaux d'une dichotomisation infecté, l'autre restant indemne.

Par l'histologie[2], nous avons trouvé l'explication de la mort de la plante et de la localisation de l'infection. Les tubes laticifères des Euphorbes étant indépendants, et sans anastomoses, le parasite reste localisé aux vaisseaux où il est inoculé, et dans ceux-ci il se multiplie largement de façon à donner rapidement une infection parfois énorme.

Quand l'inoculation a été faite dans les rameaux, l'infection est le plus souvent localisée, et c'est un des nœuds qui semble arrêter la marche de l'infection. La localisation du parasite est alors sous la dépendance d'un processus d'embolie, car, dans le voisinage des nœuds, se trouvent de vrais embolus constitués par de grands amas de Leptomonades et des masses de latex coagulé. Nous avons vérifié que le *Leptomonas davidi* produit non seulement la disparition des grains d'amidon du latex infecté, mais aussi celle des grains des cellules des parenchymes. Le parasite exerce encore une action à distance, provoquant la diminution de l'amidon de la plante, et l'on voit, à la longue, les corps chlorophylliens diminuer et disparaître.

La flagellose est donc une maladie de la nutrition causée par un Protozoaire.

Quand le latex, grâce à la pullulation des Leptomonades, devient aqueux, presque incolore, le Protozoaire présente des signes de dégénérescence: modifications dans ses propriétés tinctoriales et dans ses dimensions et des altérations de sa structure (hypertrophie du blépharoplaste, etc.) et le *Leptomonas* meurt.

Si la mort des Leptomonades arrive avant que l'amidon et les corps chlorophylliens aient disparu, la

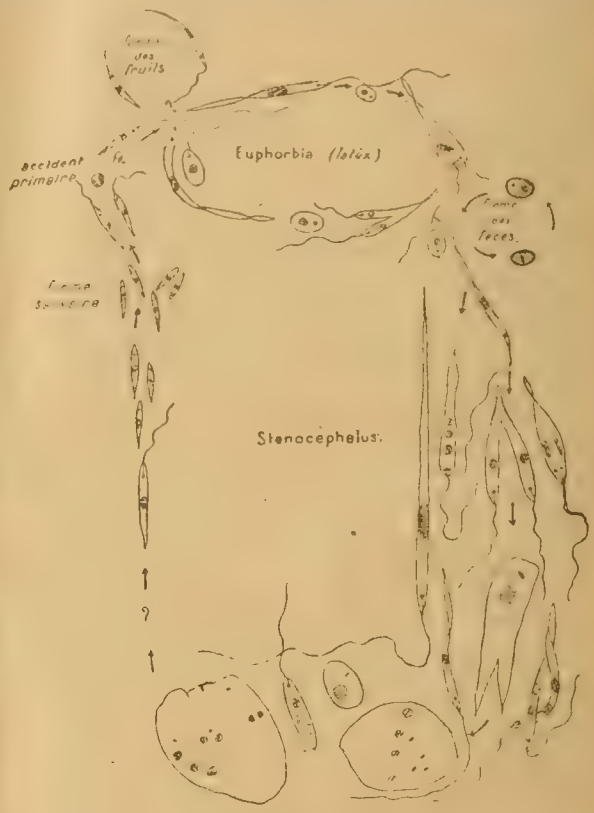


Fig. 1. — *Cycle évolutif de l'agent de la flagellose des Euphorbes.*

plante guérit et, seule, la croissance de la partie malade est ralentie.

Lafont, Bouet et Roubaud ont supposé que certains Hémiptères transmettaient l'infection aux Euphorbes; cependant, l'absence de parasites dans les glandes salivaires des Insectes incriminés m'a fait supposer qu'ils n'étaient pas les vrais hôtes de la *Leptomonade*.

Après de longues recherches, j'ai pu trouver l'agent de transmission du *L. davidi* aux Euphorbes du Portugal[1]. C'est un Hémiptère, le *Stenocephalus agilis*. Cet Hémiptère ne pique l'Euphorbe que le soir, et il existe une concordance parfaite entre l'infection de l'*Æ. segetalis* et celle de l'insecte.

L'étude comparative des infections naturelle et expérimentale de *Stenocephalus* nous a permis d'éclaircir le cycle évolutif du Protozoaire (fig. 1).

1. C. França: Sur l'existence en Portugal de *Leptomonas davidi* Lafont dans le latex de l'*Euphorbia peplus* et de l'*E. segetalis*. *Bull. Soc. Path. exotique*, t. IV, n°s 8, et n° 10; 1911.

2. C. França: La Flagellose des Euphorbes. *Arch. f. Protistenk.*, t. XXXIV, pp. 108-132; 1 pl. 5 fig. in texte; 1914.

1. C. França: La Flagellose des Euphorbes. II. *Ann. de l'Institut Pasteur*, t. XXXIV, pp. 432-465, 2 pl. 3 fig. *in* texte; juillet 1920. Note préliminaire *in Bull. Soc. Path. Exotique*, n° 8, 1919.

Le *Leptomonas davidi* se multiplie activement dans l'intestin de l'Hémiptère, par division binaire et multiple.

Cette multiplication est particulièrement intense entre le 3e et le 4e jour de l'infection. On trouve alors des formes que nous n'avons pu interpréter que comme des figures de conjugaison et qui semblent précéder certaines formes de division multiple rappelant celles de la schizogonie de certaines Hémosporidies.

A partir du 4e jour on voit des formes géantes, et entre le 4e et le 8e jour se montrent des formes très petites, qu'on trouve vers le 8e jour dans toute l'étendue du tube digestif et qui envahissent, plus tard, les glandes salivaires où elles parviennent, naturellement, en remontant les canaux des glandes. En effet, nous n'avons jamais trouvé des Flagellés dans la cavité générale du *Stenocephalus*.

Ces formes très petites ($4,5 - 7\ \mu \times 0,8 - 1,5\ \mu$), d'ordinaire sans flagelle, à cytoplasme pâle et à noyau et blépharoplaste se colorant intensivement, forment dans les glandes salivaires des amas énormes.

Quand l'Hémiptère, dont les glandes salivaires sont infectées, pique une Euphorbe, il lui inocule des formes métacycliques du *Leptomonas davidi* et celles-ci se multiplient activement *in situ* et se transforment dans les formes habituelles du latex.

Nous avions vu que ce point d'inoculation, ayant un aspect curieux, — petite tache noirâtre centrale entourée d'une zone rouge vif, — existe chez quelques tiges d'*Euphorbia segetalis* sans que le latex de celles-ci présente des Leptomonades pendant quelques jours.

Dans ces accidents primaires on trouve, pendant les jours précédant l'invasion du latex, des formes identiques aux formes infectantes du *Stenocephalus*.

Nous avons trouvé, dans les vaisseaux ligneux, et quelquefois dans les vaisseaux libériens, dans le voisinage immédiat d'accidents primaires récents, quelques rares Leptomonades, ce qui démontre que l'infection des tubes libéroligneux est possible, mais que le parasite ne trouve pas dans la sève un milieu propice à son développement.

Dans l'intestin et dans le rectum des *Stenocephalus* infectés, on trouve des kystes de forme ovale et à paroi très épaisse. Ces formes de résistance rectales assurent la contamination d'Hémiptère à Hémiptère. Cette forme de contamination doit être, cependant, plutôt rare, à cause de la rareté de ces kystes. D'ordinaire le cycle évolutif du *L. davidi* se passe entre l'hémiptère (hôte primitif) et la plante.

L'infection est perpétuée d'un côté par les *Stenocephalus* qui hibernent et qui transmettent, au printemps, l'infection aux Euphorbes, et par les Euphorbes qui conservent pendant l'hiver des Leptomonades dans leur latex.

Les différences morphologiques entre les formes salivaires ou infectantes et celles du latex sont frappantes et elles nous expliquent, sans doute, l'insuccès des inoculations des Euphorbes avec du latex, même fortement parasité.

D'autres plantes peuvent héberger des Flagellés dans le latex. Le Professeur L. Migone a trouvé au Paraguay une autre Leptomonade dans le latex d'une Asclépiadiacée (*Funastrum bonaeriensis* = *Araujia angustifolia*) et, chose curieuse, elle parasite toutes les plantes de cette espèce habitant les environs d'Asuncion. Elle ne semble produire aucune perturbation dans les plantes infectées.

Comme il arrive avec les animaux, les plantes peuvent être parasitées par des Flagellés des Insectes qui, introduits accidentellement dans la plante, s'adaptent à ce nouvel hôte.

Dans les premières phases de l'adaptation, la plante présente des symptômes morbides (Flagellose des Euphorbes); quand cette adaptation est parfaite, le Flagellé n'exerce sur la plante aucune action nocive (Leptomonades d'*Araujia angustifolia* et de *Morreira odorata* du Paraguay) et il présente une grande fixité de formes [1].

Dans les ouvrages de Pathologie végétale, on doit, dorénavant, inclure un nouveau chapitre, celui des Flagelloses, et il est naturel que plusieurs maladies des plantes aient pour origine la pullulation de Flagellés dans la sève ou dans le latex.

L'importance biologique des Leptomoniases est évidente, et un de leurs aspects les plus curieux, c'est l'analogie entre le cycle évolutif des *Leptomonas* (Hémiptère et Euphorbe) et celui des Trypanosomes (Arthropode et Vertébré). Si les Vertébrés adaptés aux Trypanosomes constituent un réservoir de virus des trypanosomiases, les plantes qui survivent à l'infection constituent un réservoir de virus des leptomoniases.

Existe-t-il pour la Glossine une transmission directe des trypanosomes par les formes de résistance fécales, comme il arrive pour le *Stenocephalus* [2]? C'est un fait important à vérifier en ce qui concerne la prophylaxie de la maladie du sommeil.

Dr C. França.

§ 5. — Géographie et Colonisation

Le bicentenaire de la colonisation du Groenland. — C'est en 1721 que Hans Egede quitta Copenhague pour le Groenland, et de cette année date la colonisation systématique de ce vaste territoire arctique par le Danemark. Aujourd'hui, toute la ligne des côtes du Groenland est connue, grâce aux efforts persévérants d'explorateurs de tous pays, secondés et approfondis par ceux des Danois eux-mêmes. La terre de Peary, partie la plus septentrionale et la plus inaccessible du Groenland, a été atteinte par l'Est et par l'Ouest.

Il s'en faut pourtant de beaucoup que ces vastes régions glacées n'aient plus rien à nous apprendre. Leur exploration géologique pourrait réserver des surprises, si, comme M. Lauge Koch l'a déduit des observations faites sur la terre de Peary pendant la 2e Expédition de la Thule, les plissements calédoniens, connus jusqu'alors en Europe seulement, se sont étendus à travers l'Atlantique jusque dans cette région.

Pour vérifier cette conclusion, et à l'occasion du bicentenaire de la colonisation du Groenland, M. Lauge Koch a organisé une nouvelle Expédition [3], soutenue par le Gouvernement danois, qui a quitté Copenhague le 15 juillet 1920 pour aller hiverner à Robertson Bay, dans le golfe d'Inglefield. De là elle compte se rendre dans la Terre de Peary et procéder à des recherches géologiques et géographiques suivant un plan bien déterminé. Ses observations promettent, d'ores et déjà, d'offrir un grand intérêt.

---

1. Grâce à l'extrême obligeance du docteur Migone, nous avons pu comparer le *Lept. davidi* avec le *L. Elmassiani* Migone et l'espèce du *Morreira odorata* (*Lept. Bordasi* n. sp.), voir la différence entre les 3 espèces et vérifier le contraste entre le pléomorphisme du *L. davidi* et l'uniformité relative des deux autres espèces non pathogènes. Ces faits confirment ce que nous avons dit dans notre travail sur la Pathogénéité. *Rivista di Biologia*, vol. II, fasc. 3. Roma, 1920.

2. Chez des *Conorhinus* infectés avec le *Trypanosoma Cruzi* Chagas, on trouve, dans l'intestin postérieur, des kystes à paroi très épaisse identiques aux formes de résistance des Leptomonades. (C. Chagas : Nova Tripanozomiaze humana. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 1909, vol. I, fasc. II, pl. 12, figs. 78 à 82.)

3. *The Geographical Review*, t. X, n° 5, p. 348; nov. 1920.

UNE ÉCOLE DE PERFECTIONNEMENT INDUSTRIEL

Une *Ecole supérieure de Perfectionnement industriel* vient d'être créée à Paris, 92, rue de Clignancourt. Il s'agit de mieux armer nos ingénieurs, ou tout au moins quelques-uns d'entre eux, en vue de la lutte économique qui nous est actuellement imposée ; j'oserais presque dire que le but est d'organiser pour eux quelque chose d'analogue à ce qu'est, dans un domaine différent, l'Ecole supérieure de guerre, dont les événements ont montré la haute utilité.

La *Revue générale des Sciences* ne pouvait manquer de s'intéresser à une question qui touche de près les progrès de la science appliquée. Aussi a-t-elle bien voulu ouvrir ses colonnes à l'article ci-après dans lequel M. Jean Villey, qui a pris l'initiative de cette institution et a su triompher de tous les obstacles, expose le programme des fondateurs. Je me borne à ajouter que l'entreprise, loin de poursuivre un objectif commercial, ne pourra vivre et se développer qu'avec l'aide de tous ceux qui sauront apprécier son opportunité.

L. Lecornu,
Membre de l'Institut,
Membre du Comité de Direction scientifique
de l'Ecole supérieure de Perfectionnement industriel

Le but poursuivi est le suivant : Dans les Ecoles techniques, le jeune ingénieur a acquis une somme de connaissances, souvent très lourde, qui constitue la matière à utiliser par lui. Mais l'art de l'utiliser, le sens des méthodes qui lui permettront, non seulement de la mettre en œuvre avec le rendement optimum, mais encore d'enrichir le patrimoine commun antérieur par de nouveaux perfectionnements, ne se peuvent inculquer par des enseignements, où l'élève n'a qu'un rôle passif. Ce n'est en rien critiquer les écoles techniques que dire qu'elles ne donnent pas aux élèves ce qu'elles ne peuvent pas leur donner. — Leur rôle, déjà assez lourd, est d'enseigner ; de très grands et très intéressants efforts ont été faits pour rendre ces enseignements réels et parlants en multipliant les manipulations et travaux pratiques dans toute la mesure compatible avec des programmes nécessairement très chargés. L'enseignement pratique ne saurait être l'objet de trop de soins, parce qu'il est l'illustration indispensable de l'enseignement verbal, mais il reste un enseignement, c'est-à-dire un exercice où l'initiative et l'imagination, en un mot l'action personnelle de l'élève, ne peuvent avoir qu'une part restreinte. L'effort méthodique et prolongé nécessaire pour résoudre dans ses détails les difficultés d'un problème expérimental précis et en tirer un résultat, ne peut et ne pourra jamais être demandé utilement dans la période scolaire : Celle-ci stimule l'élève par des sanctions immédiates (et c'est indispensable, étant donnée l'étendue des connaissances à acquérir) ; la psychologie la plus rudimentaire suffit alors à indiquer que l'on ne saurait demander en même temps à l'élève un effort long, consciencieux et soutenu, à rendement lointain et en apparence hypothétique. C'est seulement après la période scolaire proprement dite que le jeune ingénieur pourra cultiver et développer les qualités de méthode et d'observation personnelle indispensables pour en tirer les fruits.

Ce complément de formation, ou, pour être plus exact, cette formation (car les enseignements scolaires n'ont pu que fournir l'aliment premier), le jeune ingénieur l'acquiert actuellement dans l'Industrie au hasard de ses dispositions naturelles, des circonstances dans lesquelles il se trouve placé, et des conseils que peuvent lui donner ses aînés. Les résultats ainsi obtenus par l'industrie française manifestent combien sont fréquentes et naturelles les qualités d'esprit qu'ils exigent : Est-ce une raison pour se contenter des aléas de cette procédure, et ne pas tenter d'obtenir des résultats meilleurs en moins de temps, par un effort méthodique systématiquement orienté vers le but à poursuivre ? Il est permis d'en douter. Et si l'état actuel de la science exige tant de temps pour acquérir les connaissances indispensables, n'est-ce pas un bien mauvais calcul de n'en consacrer aucun à apprendre à les utiliser.

Là nous rencontrons une grosse difficulté pratique : La durée même des études et les conditions de la vie actuelle éloignent les jeunes gens de tout ce qui peut, même dans leur intérêt ultérieur, retarder si peu que ce soit le moment où ils deviendront des producteurs actifs. Toutefois, s'il s'agit de faire un placement à très gros intérêts, en retardant légèrement le moment où ils produiront pour assurer à leur production un rendement beaucoup amélioré, il y a lieu d'entreprendre un effort méthodique contre une tendance d'autant plus dangereuse qu'elle est plus excusable.

Les besoins immédiats qui la provoquent agissent inconsciemment sur l'esprit de beaucoup d'intéressés, et les amènent parfois à douter qu'une culture spéciale supplémentaire soit utile

pour le développement des qualités d'esprit indispensables à l'ingénieur. Souvent même, ce point de vue se concrétise dans la formule stéréotypée : « On ne façonne pas des inventeurs, l'inventeur naît inventeur. »

Ecartons immédiatement ici un malentendu primordial, pour n'avoir plus à y revenir : Il s'agit de former, non pas des inventeurs, mais des ingénieurs. Nombre d'inventeurs peuvent être en même temps des ingénieurs, mais cela n'empêche que ces deux modes d'activité correspondent à des qualités d'esprit tout à fait distinctes. Les qualités d'imagination qui caractérisent l'inventeur sont effectivement de celles qui ne se peuvent guère cultiver pratiquement et que seule une psychologie extrêmement judicieuse et persévérante pourrait développer par des interventions très précoces.

L'ingénieur, pour bien tirer parti des éléments que lui fournissent le savant et l'inventeur, pour les faire passer dans le domaine des réalisations pratiques, pour apporter à ces réalisations des perfectionnements progressifs, a besoin de qualités tout autres : ce qu'il lui faut, c'est le goût de l'observation méthodique, de l'expérimentation patiente et raisonnée, en un mot, ce que l'on a toujours appelé l'*esprit scientifique*. L'ingénieur et le savant (il s'agit ici des sciences physiques et naturelles) mettent en œuvre les mêmes qualités d'esprit, appliquées à des objets différents, qui sont soit la connaissance des phénomènes, soit leur coordination pour des fins utilitaires. Cet esprit de méthode scientifique est une qualité essentiellement cultivable. Elle peut être développée et même provoquée ; la méthode applicable pour atteindre ce but est bien connue : elle ne fait pas appel à des enseignements didactiques, elle consiste à mettre le sujet devant un problème expérimental précis, qu'il devra étudier dans tous ses détails et dont il devra mener personnellement la solution à bonne fin, sous une direction éclairée et permanente capable de lui éviter les tâtonnements trop prolongés, et les découragements qu'ils pourraient entraîner.

C'est bien une formation de ce genre que le jeune ingénieur peut attendre de circonstances favorables et de hasards heureux lorsqu'il s'engage dans la vie industrielle. Mais celle-ci est fiévreuse; tout est subordonné, dans un atelier, à la production immédiate, qui ne laisse guère de place à l'effort tranquille de celui qui s'essaye; ceux-là mêmes qui peuvent le conseiller et le guider sont absorbés de leur côté par les mêmes préoccupations matérielles ; en un mot, le milieu n'est pas adapté à ces premières tentatives.

Obtenez au contraire de l'intéressé qu'il consacre délibérément quelques mois à une étude de ce genre, à laquelle il appliquera ses réflexions constantes dans l'atmosphère de calme où cette gymnastique intellectuelle pourra, grâce à sa continuité, porter tous ses fruits. Demandez-lui cet effort lorsqu'il est sorti des préoccupations de ses études, et avant qu'il soit complètement engagé dans celles de la production industrielle ; conseillez-lui, même, pour obtenir les meilleurs résultats, de prendre d'abord contact pendant quelques semaines avec l'usine, pour connaître le milieu où il devra appliquer ultérieurement les méthodes auxquelles vous voulez l'entraîner : Si le Directeur d'Etudes à qui vous confierez le perfectionnement scientifique de cet élève joint à l'expérience et au savoir personnels les qualités psychologiques indispensables, s'il sait le conseiller et le guider aux moments utiles, il pourra augmenter la « valeur » du jeune ingénieur dans des proportions inattendues (même si on limite le sens de cette expression au rendement pratique immédiat).

***

Ce sont là les idées qui ont présidé à la création de l'*École de perfectionnement industriel;* elles ne sont en rien nouvelles et ne se targuent d'aucune originalité. La quasi unanimité avec laquelle elles sont acceptées est, au contraire, une des plus sûres garanties du succès auquel peut conduire leur mise en application. Tout le problème consiste à choisir des procédures pratiques convenables pour cette mise en application.

Un article publié par cette Revue au mois d'avril 1919 envisageait la création de Laboratoires d'Etudes et de Recherches systématiquement affectés à cet usage. La solution actuellement mise au point présente l'avantage d'être immédiatement et facilement réalisée; loin de payer cette simplification par quelque défaut corrélatif, elle introduit d'ailleurs, dans la Direction des études expérimentales, une diversité très grande et permet ainsi d'appliquer la méthode aux recherches intéressant immédiatement les industries les plus variées.

L'organisation est, en effet, la suivante :

Le Comité de Direction scientifique de l'Ecole peut faire appel, comme Directeurs d'Etudes, à tous les savants ou ingénieurs qui lui paraissent présenter les titres et garanties voulus et qui font des recherches dans tous les laboratoires scientifiques ou industriels tant publics que privés. Il leur confie le soin de guider en permanence les études exécutées par l'élève placé sous leur direction. Entre tous les élèves ainsi disséminés dans des laboratoires variés, le

contact est d'autre part assuré par des conférences communes périodiques : une notable partie de ces conférences seront faites par les divers directeurs d'études et par les élèves eux-mêmes, qui pourront ainsi, dans une certaine mesure, profiter de l'expérience acquise par chacun d'entre eux. La durée minimum exigée pour ces études est de huit mois; elle peut d'ailleurs être prolongée au gré de l'élève, avec l'autorisation du Comité de Direction scientifique.

L'attribution des Diplômes et le classement des élèves diplômés au cours d'une même session sont entièrement réglés par le Comité de Direction scientifique. Les élèves, qui doivent en principe justifier d'un diplôme d'Ingénieur antérieurement acquis dans une école technique française, ne sont d'ailleurs admis que sur décision du même Comité, et pour se consacrer à une étude précise dont le sujet est soumis à son approbation. — Ce Comité se trouve donc absolument maître de maintenir le niveau scientifique de l'Ecole au degré exigé par la mission de perfectionnement industriel à laquelle elle vise; les noms seuls des personnalités scientifiques qui ont bien voulu accepter cette tâche suffisent à manifester dans quel esprit la Direction de l'Ecole désire l'orienter à ce point de vue.

En ce qui concerne le choix des sujets d'études, les principes adoptés sont ceux déjà exposés dans l'article visé plus haut. Un sujet dans lequel on attendrait de l'élève un résultat aléatoire (où on lui demanderait, par exemple, d'éclaircir un problème industriel pour y découvrir les causes de difficultés pratiques à vaincre) serait un contresens. Au contraire, toute question comportant un résultat sûrement accessible par la mise au point de dispositifs expérimentaux de principe connu et par leur utilisation méthodique, répond parfaitement au but poursuivi. Etudier méthodiquement une machine complexe ou des appareils de mesure, et les facteurs d'action qui influent sur leur fonctionnement ou sur leur rendement, comparer systématiquement des appareils de divers types visant à un même but, étudier l'influence de divers facteurs (dans la composition ou l'élaboration des matériaux artificiels) sur les propriétés de ces matériaux, sont, par exemple, des types de sujets auxquels on pourra toujours recourir avec avantage. Le travail ainsi effectué par chaque élève devant être dirigé et contrôlé dans tous ses détails par l'expérimentateur parfaitement qualifié que sera toujours son Directeur d'Etudes, les résultats pratiques précis auxquels il aboutira présenteront toutes les garanties désirables : Il suffira que les sujets choisis répondent à des besoins immédiats d'industriels ou de services techniques, pour que les frais matériels des recherches soient couverts par ces industriels ou services intéressés.

L'organisation matérielle est ainsi réduite à rien ou presque rien, et le rôle de l'Ecole est en somme un rôle de centralisation et de coordination des efforts : elle vise seulement à rendre fécondes, en les unissant, les bonnes volontés des savants et ingénieurs qualifiés pour développer chez les élèves le sens de la méthode scientifique, des industriels désireux de contribuer au progrès de la technique française, et des jeunes gens qui ne demandent qu'à se perfectionner si ceux à qui ils apporteront ainsi un concours plus fécond veulent bien leur en assurer les moyens matériels. Les résultats à attendre sont donc fonction de deux choses: — les garanties que l'organisation présentera aux industriels, relativement à la valeur de la formation donnée aux élèves; — l'efficacité des encouragements et concours que les industriels et services techniques apporteront à cette entreprise.

Les garanties sont assurées par la composition et les attributions du Comité de Direction scientifique, et par les noms des personnalités éminentes du monde scientifique et du monde industriel qui contrôleront, dans le Comité de Patronage, l'orientation et le fonctionnement général de l'Ecole.

Les concours et encouragements pratiques restent indispensables, car il est à peu près impossible d'obtenir des jeunes gens, dans les circonstances actuelles, qu'ils retardent pendant près d'une année le moment où ils pourront subvenir à leurs besoins.

Par la création de bourses d'entretien, accordées à des candidats présentant les références et garanties voulues pour tirer de ce perfectionnement le maximum de fruits, les industriels, les Sociétés, les Syndicats, les Associations d'anciens élèves d'Ecoles Techniques, peuvent assurer le succès de cette entreprise. Ces subventions personnelles pourraient en particulier, et ce serait sans doute la procédure la plus logique, être assurées par la Société qui a engagé le jeune ingénieur, et lui fait faire un stage de perfectionnement (de préférence après l'avoir mis en contact avec les fabrications auxquelles son activité devra ultérieurement s'appliquer, ou même tout en continuant à le charger d'un service réduit à l'usine).

En ce qui concerne les frais matériels des recherches, ils paraissent devoir être facilement couverts par les résultats immédiats qu'on en peut tirer. A titre d'exemple, le Service Technique de l'Aéronautique, soucieux non seulement

d'assurer le fonctionnement de ses services de recherches, mais aussi de contribuer à la formation des ingénieurs dont a besoin l'industrie française, a déjà envisagé d'utiliser des élèves de l'Ecole comme aides expérimentateurs dans ses laboratoires, où ils trouveront des Directeurs d'Etudes de spécialités diverses. Des arrangements analogues pourront être facilement conclus avec des services techniques divers, avec des laboratoires industriels, avec des laboratoires scientifiques, et réaliseront progressivement la coordination des bonnes volontés éparses et des compétences les plus diverses, c'est-à-dire le programme et le but de ceux qui ont créé l'*Ecole supérieure de perfectionnement industriel*, avec le seul souci d'apporter leur effort, si modeste soit-il, à l'œuvre, urgente entre toutes, de la renaissance industrielle et économique de la France.

J. Villey,
Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Rennes.

L'ÉLABORATION ET LA PUBLICATION D'UNE FAUNE DE FRANCE

La *Revue générale des Sciences* me demande d'exposer à ses lecteurs le dessein dans lequel la Fédération française des Sociétés de Sciences naturelles, en juin 1919, a fondé, comme première marque de son activité scientifique, un Office central de Faunistique auquel l'Académie des Sciences a bien voulu fournir les moyens d'existence. Ce dessein est d'étudier les espèces animales de notre pays et leur répartition, puis de les décrire dans une publication dont les premiers fascicules sortiront des presses sous peu.

Une « Faune de France », complète dans la mesure du possible, est une entreprise dont tous les naturalistes professionnels, et plus encore les amateurs, reconnaissent la nécessité, qui a souvent été projetée, mais qui n'a jamais été réalisée dans son ensemble. Sans parler des premiers essais dus à de Blainville, sinon à Lamarck, ni des données renfermées dans les *Suites à Buffon* (et qui sont encore les seules dont nous disposions sur notre pays pour beaucoup de groupes inférieurs), il n'existe que quelques monographies d'un groupe restreint, excellentes mais isolées, et des compilations de petit volume, en général tellement inexactes et incomplètes qu'elles sont plus nuisibles qu'utiles. Il est juste de dire que les autres pays n'ont pas mieux fait que nous et qu'aucun ne possède une Faune digne de ce nom, ce qui montre bien les difficultés de l'entreprise.

Celle-ci peut être comprise de trois façons différentes. On pense d'abord à une série de monographies détaillées, comprenant pour chaque espèce description minutieuse, synonymie et bibliographie complètes, liste des stations sur notre territoire, planches en noir et en couleurs... Malheureusement une telle œuvre sur toutes les branches de la Zoologie, qui remplirait non une mais plusieurs bibliothèques, demanderait pour être réalisée très partiellement un temps et une dépense hors de proportion avec son utilité, car fort peu de gens pourraient l'acquérir et personne ne pourrait en emporter en voyage une partie notable avec soi. Les publications de la *Ray Society* en Angleterre (dont une bonne partie n'est plus à jour) confirment ce que je viens de dire, ainsi que la *Fauna und Flora von Neapel* où l'anatomie et l'embryogénie ont rapidement pris le pas sur la systématique. L'une et l'autre, existant depuis longtemps, n'ont encore traité qu'une partie infime de la Zoologie. D'ailleurs, on peut se demander si des ouvrages si détaillés sont nécessaires pour la faune d'un seul pays, qui diffère peu de celle du voisin, et s'il ne faudrait pas réserver ce plan à une Faune de l'Europe au moins, réalisée par collaboration internationale.

Inversement quelques personnes, prenant exemple sur les Flores élémentaires, si utiles aux débutants, réclament un ouvrage de très petit volume réduit à des clefs dichotomiques conduisant à l'espèce avec quelques figures schématiques. Elles oublient que les choses sont plus complexes en Zoologie, et d'ailleurs le sont aussi en Botanique dès qu'on sort des Phanérogames et de quelques gros Cryptogames. Même pour ceux-ci, d'ailleurs, les Flores de taille restreinte ne peuvent suffire à un travail scientifique approfondi, et la *Flore de France* de Coste, qui pour les seules plantes vasculaires compte trois gros volumes in-8°, représente le minimum nécessaire (c'est du reste un excellent type d'ouvrage de détermination). En effet, une détermination par clef dichotomique, c'est-à-dire en dernière analyse par *un* caractère, ne peut jamais être sûre et doit être vérifiée par d'autres. La *Faune de Belgique* de Lameere, quoique consacrée à un domaine peu varié, est encore loin de ce qui serait utile.

Une troisième solution est un moyen terme :

c'est à peu près celle qu'a réalisée, pour les eaux douces seulement, la *Süsswasserfauna Deutschland's*, publication dont l'unité de plan et l'achèvement rapide méritent d'être donnés en exemple à toute entreprise de ce genre. Elle a deux défauts : format trop petit qui entraîne une disposition typographique incommode, absence complète de toute bibliographie. Inversement le *Synopsis des Invertébrés de la Suisse*, excellente publication aussi qui en est plus qu'à ses débuts, vu l'absence de clefs et d'un nombre suffisant de figures, ne peut guère servir qu'aux spécialistes et s'alourdit inutilement de longues listes de stations et de références.

Nous nous sommes efforcés d'éviter ces inconvénients : notre Faune de France comprendra des fascicules in-8° d'étendue variable, avec clefs dichotomiques allant jusqu'à l'espèce, et pour celle-ci une courte diagnose permettant la vérification. Beaucoup de figures surtout, pour économiser les descriptions, tirées dans le texte et auprès de celles-ci. Pas de listes complètes des stations, sauf pour les formes très rares, mais des données éthologiques et chorologiques précises bien que condensées. Une synonymie et une bibliographie volontairement incomplètes, mais permettant au travailleur de se reporter si besoin est à un ouvrage plus détaillé et de se débrouiller dans la littérature antérieure. Des généralités sur le groupe au début, les diagnoses des familles et des genres extrêmement résumées, car leur rôle dans la détermination est restreint. Bref, un ouvrage destiné non à faire connaître tout ce qui a été dit d'une espèce, mais à permettre de l'identifier sûrement, et suffisamment portatif pour que chacun puisse transporter avec lui les volumes qui lui seront utiles. Je ne dis pas toute la Faune, car même sur ce plan restreint la collection, à la supposer complète ce qui ne sera pas de sitôt, comprendrait *au bas mot* une cinquantaine de volumes : peu de gens se doutent du nombre des espèces animales et du détail nécessaire à leur description...

Quant aux limites de la publication, elle comprendra pour les espèces terrestres toutes les formes signalées sur le territoire français (y compris la Corse, mais non l'Afrique du Nord) et sur celui des pays qui ne peuvent en être séparés au point de vue des conditions physiques : Belgique, province rhénane, Suisse au moins en partie. Pour les espèces marines, dont la répartition est plus étendue (et qui sont beaucoup moins connues chez nous), il sera nécessaire d'y inclure les formes signalées du Sund au détroit de Gibraltar en passant par les Iles Britanniques, et dans tout le bassin occidental de la Méditerranée, ce qui rendra la publication utile aux naturalistes des pays voisins. De même pour les espèces d'eau douce, très ubiquistes en général. Dans la mer seront seules prises en considération les espèces littorales jusqu'au bord du plateau continental (2 à 300 m. de profondeur), et pélagiques dans des limites analogues; on exclura les formes abyssales ainsi que le plancton de haute mer.

*
* *

L'Office Central de Faunistique, chargé de diriger cette entreprise, d'en recruter les collaborateurs et d'en réunir les matériaux, a son siège au lieu où son Directeur est attaché par ses fonctions universitaires, en l'espèce la Faculté des Sciences de Dijon. Celui-ci s'entourera de personnel scientifique et d'agents rémunérés dans la mesure des besoins et des possibilités. Le contrôle est confié à un Comité technique, formé, sous la présidence du Pr E. Perrier et la vice-présidence de S.A.I. le prince R. Bonaparte, de 24 naturalistes assurant la représentation des diverses branches de la Zoologie et la liaison nécessaire avec la Botanique et la Géographie physique. Il se réunit deux fois par an et délègue dans l'intervalle ses pouvoirs à une sous-commission de 4 membres présidée par le Pr Bouvier.

Quant aux ressources matérielles, l'Office est et restera une entreprise privée, qui accueillera avec reconnaissance toutes les subventions officielles ou autres dont elle pourra profiter, en attendant qu'il lui soit possible de se suffire à elle-même. La mise de fonds est constituée, la Fédération pouvant encore fort peu pour elle, par les 20.000 fr. que lui a accordés l'an dernier l'Académie des Sciences par moitié sur les fonds R. Bonaparte et Loutreuil. — Aux tarifs actuels, cette somme n'assurera pas tout à fait l'impression des deux premiers volumes[1] et un minimum de frais généraux; nous ne doutons pas qu'elle ne soit renouvelée et que de nombreux particuliers et sociétés ne tiennent à honneur de participer à la publication, pour laquelle sera bien entendu demandée une souscription du Ministère de l'Instruction publique. La Faune de France ne procurera de bénéfice à personne : les volumes seront vendus au prix coûtant, c'est-à-dire que leur valeur, déduite la commission du dépositaire, sera la

1. Ces deux volumes, dont l'apparition en librairie est prochaine, sont : *Echinodermes*, par R. Kœhler, et *Oiseaux*, par P. Paris. Paraîtront ensuite : *Orthoptères*, par L. Chopard ; *Crustacés Amphipodes*, par E. Chevreux ; *Annélides Polychètes*, par P. Fauvel ; *Hyménoptères Mellifères*, par Honoré ; *Reptiles et Batraciens*, par J. Pellegrin ; *Introduction à la Zoologie française*, par P. de Beauchamp, etc.

fraction correspondant au chiffre du tirage des frais d'impression augmentés de la rémunération que nous donnerons à l'auteur de chaque fascicule comme récompense, trop modique à notre gré, d'un travail considérable et ingrat fait dans l'intérêt commun. Si le prix en est encore plus élevé que nous ne le voudrions, la faute en est aux conditions actuelles que tout le monde connaît; il sera en tout cas très inférieur à celui que demanderait n'importe quel libraire éditant à ses frais des volumes aussi richement illustrés et aussi coûteux comme typographie. Nous avons conscience de servir le pays et les intérêts de chacun en commençant à travailler à n'importe quel prix plutôt que d'attendre les bras croisés les « temps meilleurs ». Les sommes résultant de la vente serviront à publier de nouveaux volumes, les subventions reçues formant donc un fonds de roulement qu'il serait désirable de voir porter le plus tôt possible au delà de cent mille francs. Quand les ressources seront suffisantes, l'Office entreprendra parallèlement à la Faune proprement dite d'autres publications intéressantes dans le même ordre d'idées[1].

Mais il ne suffit pas de prier des spécialistes de rédiger un volume. Les groupes sur lesquels on possède des documents abondants et par lesquels nous commençons naturellement seront vite épuisés : il faut reconnaître qu'en dehors des Vertébrés, des Insectes et des Mollusques (et que de lacunes encore dans ces groupes) l'inventaire à peu près complet des espèces existant en France est impossible à donner, et la plupart des groupes inférieurs bien moins connus qu'ils ne le sont en Angleterre ou en Allemagne par exemple. Et il ne faut pas croire d'ailleurs qu'il manque de découvertes à faire même en ces pays. Pour n'en citer qu'un exemple, Racovitza a montré récemment que l'*Asellus aquaticus*, le plus commun des Isopodes aquatiques et l'animal le plus banal des eaux douces d'Europe, comprenait en réalité plusieurs espèces très différentes, toujours confondues jusqu'à ce jour[2]. De l'état des choses en France on peut citer plusieurs causes : le mépris, hautement affiché par quelques-uns de ses représentants les plus qualifiés, dans lequel notre enseignement universitaire officiel tient en général (à d'honorables exceptions près) tout ce qui est systématique et même zoogéographie ; — la tendance des spécialistes à se confiner dans l'étude des matériaux en alcool que récoltent dans les abîmes du Pacifique les expéditions océanographiques ou dans les lacs de l'Afrique Equatoriale les missions militaires, au lieu de reviser les espèces de nos côtes et de nos étangs et d'étudier leur genre de vie ; — l'insuffisant nombre d'amateurs étudiant la Zoologie pour leur distraction personnelle et leur penchant à se confiner dans les mêmes groupes d'Insectes et de Mollusques ; — enfin, l'isolement des travailleurs, l'absence de coordination des efforts, le gaspillage du matériel que pourrait récolter chacun en même temps que celui qui l'intéresse et qui n'est pas recueilli ou pourrit dans un coin, des observations qui ne sont pas notées ou pas publiées.

A la dernière au moins de ces causes, l'Office de Faunistique essaiera de porter remède : il est avant tout un service de centralisation qui recevra tous les renseignements qu'on voudra bien lui envoyer pour les transcrire sur des fiches spéciales, tous les matériaux triés ou en vrac qu'on voudra bien lui recueillir pour les classer, les remettre au spécialiste compétent s'il existe, les conserver en attendant, ou les déposer dans les collections nationales du Muséum d'Histoire naturelle où ils finiront en tout cas par prendre place après étude. Ainsi se réuniront les matériaux des volumes futurs et des nouvelles éditions des premiers ; en les attendant, les renseignements recueillis seront libéralement communiqués à qui le désirera. Enfin, non content d'attendre des matériaux des autres, l'Office ira lui-même en récolter : j'ai commencé une exploration méthodique de la zone des marées sur les côtes océaniques de France qui rentre dans ce programme, dont j'ai déjà publié quelques résultats et que la Caisse nationale des Recherches scientifiques veut bien subventionner, sans négliger d'ailleurs la récolte systématique des petites formes terrestres et d'eau douce que j'avais entreprise autrefois aux environs de Paris et qu'avait commencée à Dijon même mon prédécesseur M. le Pr Topsent, aidé par M. P. Paris avec qui je la continue. Le champ à labourer, on le voit, est vaste ; espérons qu'il recevra les travailleurs et les ressources matérielles nécessaires.

P. de Beauchamp,
Chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Dijon.

1. On peut envisager à ce point de vue l'utilité : d'atlas avec planches en noir et en couleur représentant les principales espèces de la Faune plus parfaitement qu'elles ne peuvent l'être dans son texte ; — d'autres atlas de photographies d'après nature, tels que les *Aspects de la Végétation en Belgique* par Massart, consacrés aux associations et groupements naturels des animaux et des végétaux dans les différents milieux ; — d'ouvrages élémentaires en un ou deux volumes sur la faune marine, la faune des eaux douces, etc., ne décrivant que les espèces les plus communes, mais renfermant d'abondants détails sur leur biologie ; — de monographies détaillées d'espèces types des groupes indigènes ; — de Flores complètes des divers groupes de Thallophytes (qui nous manquent à peu près aussi) conçues sur le même plan que les fascicules de la Faune, etc.

2. *Arch. Zool. Expérim.*, t. LVIII, notes et revue, n° 2.

L'ENSEIGNEMENT DE LA PHYSIQUE DANS LES FACULTÉS DE MÉDECINE

Il n'est plus nécessaire aujourd'hui, semble-t-il, de plaider la cause de la Physique et de la Chimie envisagées du point de vue des études médicales. Si un physicien venait dire que l'étude des phénomènes physiques est de toute première utilité pour le médecin, on pourrait songer à l'orfèvre de Molière affirmant à Sganarelle que pour rendre la santé à sa fille il n'était pas de meilleur remède que les parures et les bijoux. Aussi je me garderai bien d'insister, et je ne ferai valoir qu'un fait. Les ouvrages si remarquables du Professeur Grasset, le *Traité élémentaire de Physiopathologie clinique*, et le *Traité de Thérapeutique générale basée sur la Physiopathologie clinique*, portent tous deux en exergue cette phrase de Claude Bernard : « Il n'existe qu'une science en médecine, et cette science est la physiologie appliquée à l'état sain comme à l'état morbide. » Mais on sait que la Physiologie, pour Claude Bernard, c'était la Physique, la Chimie et la Mécanique des corps vivants, car il a dit aussi : « Il n'y a en réalité qu'une Physique, qu'une Chimie et qu'une Mécanique générale, dans lesquelles rentrent toutes les manifestations phénoménales de la Nature, aussi bien celles des corps vivants que celles des corps bruts : tous les phénomènes, en un mot, qui apparaissent dans un être vivant retrouvent leurs lois en dehors de lui, de sorte qu'on pourrait dire que toutes les manifestations de la vie se composent de phénomènes empruntés, quant à leur nature, au monde cosmique extérieur. » Sous la plume du plus grand physiologiste du XIXe siècle, ces affirmations peuvent encore à la rigueur soulever une objection : certaines gens pourraient dire que Claude Bernard était un homme de laboratoire, et porté comme tel à exagérer le rôle que sont appelées à jouer en médecine toutes les sciences de laboratoire. Mais aucun praticien sensé ne songerait, je pense, à récuser le témoignage du docteur Grasset. Et pourtant, on entend dire parfois que la Physique n'est guère utile au médecin. Quand de pareilles affirmations se produisent devant moi, je juge inutile de les discuter. Le professeur de Physique médicale, en effet, ne dispose que d'un seul moyen pour prouver l'utilité de la science qu'il a mission d'enseigner : donner à ses élèves un enseignement qui leur soit réellement profitable, et malheureusement les circonstances matérielles ne lui permettent pas toujours d'apporter cette preuve à ses auditeurs avec toute l'ampleur qu'elle comporte.

***

La Physique médicale suppose la connaissance préalable de la Physique générale, qu'elle doit compléter sur certains points.

D'abord, certains faits constatés et certaines lois énoncées dans les cours de Physique générale gagnent à être présentés d'une façon un peu différente à nos étudiants en médecine. Par exemple, on montre dans les cours d'Optique des lycées qu'un rayon lumineux se propageant dans l'air et tombant sur un prisme de verre, se trouve après réfraction dévié vers la base du prisme. Mais ce qui intéresse l'oculiste, appelé dans un cas de diplopie à prescrire le port d'un verre prismatique, c'est de savoir dans quelle direction le porteur du verre apercevra l'image des objets vus à travers le prisme. Or il est de fait que si, sans préambule, dans un cours de Physique médicale, on pose aux étudiants la question : Où verrez-vous l'image d'un objet regardé à travers le prisme ? beaucoup d'élèves hésitent à répondre et quelques-uns même disent que l'image semble déviée vers la base du prisme. Le professeur de Physique médicale doit donc appeler l'attention de son auditoire sur ce fait qu'un objet regardé à travers un prisme semble déplacé du côté de l'arête. Et cela n'est pas un enfantillage : c'est seulement en faisant attention à de petites choses de ce genre que le professeur rend son cours immédiatement intelligible et profitable à tous ses auditeurs.

En deuxième lieu, dans les cours de Physique générale, on fait certaines hypothèses restrictives, qui, en limitant une question, permettent d'en donner une solution complète. Mais les problèmes qui se posent à nous en Physique biologique et en Physique médicale sont d'ordinaire beaucoup plus compliqués que ceux que l'on étudie en Physique générale, et nous ne pouvons leur appliquer que sous certaines réserves les résultats qui nous sont fournis par la Physique générale. J'en donnerai ici deux exemples.

En Optique, dans les cours de Physique générale, on suppose que les surfaces séparant les divers milieux optiques (miroirs ou dioptres) sont sphériques, et que les milieux transparents sont homogènes. On ne s'occupe que des systèmes centrés, et on ne s'attache qu'au trajet de rayons très peu inclinés sur l'axe et passant à travers des diaphragmes de très petite ouverture : on étudie ainsi l'optique dans un espace filiforme, à travers un tube étroit. Mais à la Faculté

de Médecine le système optique qui nous intéresse le plus, c'est l'œil : or, les surfaces de la cornée et du cristallin ne sont pas exactement sphériques, le cristallin n'est pas homogène, les dioptres successifs ne sont pas rigoureusement centrés sur le même axe, et la pupille dans certaines conditions peut avoir un diamètre presque égal aux deux tiers de la distance focale du système. Les hypothèses simplificatrices sont donc bien loin de se trouver réalisées dans le cas de l'œil, et nous devons indiquer à nos étudiants en quoi les théories qui leur ont été enseignées dans d'autres amphithéâtres s'écartent de la réalité qui nous intéresse : nous devons, si possible, les compléter pour les rendre applicables aux problèmes qui se présentent en Optique médicale.

Les physiciens ont énoncé le principe de l'équivalence de la chaleur et du travail mécanique pour les systèmes de corps qui, après une série de transformations, reviennent à leur état primitif ou tout au moins sont susceptibles d'y être ramenés. Mais jamais, dans aucune expérience, nous ne retrouverons chez l'être vivant, qui vieillit, *un état final identique à l'état initial.* Tout au plus pourrons-nous trouver deux *états équivalents*, si l'équilibre nutritif de l'individu est assuré. Nous n'avons donc pas le droit d'appliquer *de plano* aux êtres vivants le principe de l'équivalence tel qu'il a été établi en Physique générale. Ce sont les travaux d'Atwater qui nous permettent de nous servir de ce principe.

Il faut le dire à nos élèves en leur signalant les difficultés du problème et les lacunes de notre science. Dans la préface de ses *Leçons d'Algèbre et d'Analyse*, Jules Tannery, directeur scientifique de l'Ecole Normale supérieure, écrivait excellemment : « J'ai horreur d'un enseignement qui n'est pas toujours sincère : le respect de la vérité est la première leçon morale, sinon la seule que l'on puisse tirer de l'étude des sciences. Sans doute, il y a des démonstrations qui ne sont pas rigoureuses et qui sont excellentes, parce qu'elles laissent dans l'esprit une image qui ne s'efface pas, que l'on voit en même temps que la proposition, et dont la clarté suffit à guider dans les applications; si elles présentent quelque lacune, il faut le savoir, et il est bon de savoir où est cette lacune. Aussi bien dans la vie pratique que dans la spéculation, il importe de distinguer ce que l'on comprend avec certitude, ce dont on est justement persuadé, ce que l'on croit; il est bon de distinguer les choses que l'on possède entièrement et celles dont on peut user sous certaines conditions. » Ce que Tannery écrivait ainsi touchant l'enseignement des Mathématiques conserve toute sa valeur pour les autres branches de la science et en particulier pour la Physique médicale.

Enfin, comme certaines méthodes décrites et appliquées dans les cours et les travaux pratiques de Physique générale ne sont pas directement utilisables en Physique biologique et en Physique médicale, les professeurs des Facultés de Médecine ont à enseigner à leurs élèves certaines méthodes spéciales et à leur présenter certains instruments qui ne se rencontrent pas dans les laboratoires de Physique générale.

Prenons d'abord un exemple emprunté à la mesure des pressions. Le physicien ou l'ingénieur qui veut connaître la pression d'un liquide à l'intérieur d'un réservoir commence par greffer sur la paroi du réservoir un ajutage qui lui permette d'en mettre le contenu en communication directe avec un manomètre. Mais le physiologiste, qui veut connaître la pression sanguine dans la carotide d'un cheval, est obligé de recourir à un dispositif spécial non étudié dans les cours de Physique générale, et emploie, par exemple, la sonde cardiographique de Chauveau. Le procédé auquel a recours le clinicien pour déterminer la tension artérielle d'un malade, peu disposé à se laisser inciser la peau et les tuniques de l'artère radiale, s'éloigne encore plus des méthodes manométriques en usage dans les laboratoires de physique ou dans les ateliers. Le clinicien doit mesurer la pression à l'intérieur de l'artère en laissant la paroi intacte : il le fait à l'aide de l'oscillomètre de Pachon ou du sphygmotensiomètre de Vaquez. De même, l'oculiste qui veut suivre l'évolution d'un glaucome emploie le tonomètre de Schiötz, qui lui fait connaître la tension oculaire en laissant intactes les enveloppes de l'œil. Ces méthodes et ces appareils particuliers à la Physique biologique et à la Physique médicale sont loin d'être aussi précis que les méthodes et les instruments employés par les physiciens dans leurs laboratoires, mais ce sont les seuls que les physiologistes et les cliniciens puissent utiliser. Les résultats qu'obtiennent ces derniers, sans être d'une haute précision, leur donnent néanmoins des renseignements de première utilité. C'est avec le professeur de Physique médicale que les étudiants doivent apprendre à connaître ces instruments, les professeurs des Cliniques n'ayant pas le temps d'en expliquer à leurs stagiaires le principe et le fonctionnement. Et il faut d'autre part qu'un médecin digne de ce nom connaisse ses outils à fond, ou alors l'enseignement donné dans les Facultés de Médecine ne mériterait plus le nom d'enseignement supérieur.

Le chapitre de l'électricité nous offre des exemples analogues. Quand, dans un laboratoire de

physique, ou dans un atelier de construction, le physicien ou l'ingénieur a besoin de connaître la résistance d'une certaine longueur de fil de cuivre, ou de fil de ferro-nickel, il pince les extrémités de ce fil entre les bornes d'un pont de Wheatstone, et l'opération ne présente pas de difficultés. Mais le physiologiste qui veut expérimenter sur l'animal vivant doit prendre certaines précautions : il choisit les incisions à faire de façon à apporter un trouble aussi minime que possible aux fonctions vitales, il utilise des électrodes impolarisables, et il surveille l'intensité du courant employé pour ne pas altérer les tissus de l'organisme. Si le clinicien veut prendre sur un sujet un électrodiagnostic, sa façon d'opérer est encore plus spéciale : ne pouvant pas mettre les électrodes en contact direct avec le nerf sur lequel il veut agir, il est obligé de choisir des électrodes d'une nature particulière et de connaître sur la peau les points d'élection où il pourra appliquer ces électrodes de façon efficace, etc. Les résultats obtenus n'ont pas la précision de ceux que le pont de Wheatstone donne à l'électricien, mais le clinicien est obligé de s'en contenter, faute de mieux.

Les choses se passent de même en optique. Pour déterminer la courbure d'un verre qu'on lui présente, l'oculiste emploie le petit sphéromètre dont se servent tous les opticiens, mais s'il veut connaître la courbure de la cornée d'un sujet et rechercher l'astigmatisme cornéen, il lui faut faire cette détermination sans toucher à la cornée ; Il emploie alors l'astigmomètre de Javal : méthode spéciale, instrument spécial.

Pour déterminer la distance focale d'une lentille mince, le physicien peut se contenter de tirer au mur, c'est-à-dire de déterminer la distance de cette lentille à un écran sur lequel elle projette une image nette d'un objet éloigné. S'il s'agit d'un système centré composé, le problème est plus compliqué; le physicien peut employer alors une des nombreuses méthodes qui ont été proposées à cet objet, celle de Cornu par exemple. Mais s'il s'agit de déterminer l'état de réfraction d'un œil, la marche à suivre sera toute différente: le médecin pourra dans certains cas faire appel aux sensations subjectives du patient, il cherchera par tâtonnements à déterminer le verre correcteur convenable : c'est la méthode de Donders. Mais il y a des cas où cette méthode subjective ne peut être appliquée : quand on cherche à corriger l'amétropie d'un enfant trop jeune pour qu'on puisse se fier à ses réponses, ou quand on examine un sujet ayant intérêt à ne pas dire la vérité (conscrit, ou accidenté du travail dont la bonne foi peut être suspectée). Alors l'oculiste est obligé de recourir à une méthode objective, et il pratique l'ophtalmoscopie ou la skiascopie.

Les quelques exemples qui précèdent suffisent à montrer sur quoi doit porter l'enseignement de la Physique biologique et de la Physique médicale : énoncer sous une forme immédiatement utilisable pour le médecin les faits établis dans les cours de Physique générale,—indiquer en quoi les questions à étudier en Physique biologique ou en Physique médicale diffèrent des questions analogues étudiées en Physique générale,—exposer les méthodes et les instruments dont l'emploi spécial s'impose au physiologiste et au médecin.

***

Une même chose pouvant être enseignée de bien des manières, le professeur doit choisir pour présenter une question donnée celle qui convient le mieux à son auditoire. Nous sommes donc amenés à nous demander : Sous quelle forme la Physique médicale doit-elle être présentée aux futurs médecins pour qu'ils puissent retirer de cette étude tout le profit possible ?

A cette question je réponds sans hésiter : *l'enseignement de la Physique dans les Facultés de Médecine doit être franchement expérimental.* Ce n'est pas que pour mon compte je dédaigne les théories (on pourrait au contraire m'accuser d'avoir consacré trop de temps à l'étude des questions de philosophie scientifique). Mais voilà trente-deux ans que j'appartiens à l'Université ; vivant depuis vingt-cinq ans avec des étudiants P.C.N. et des étudiants en médecine, je crois avoir acquis à leur égard quelque expérience pédagogique. Pendant ce temps j'ai pu me convaincre que, à part quelques très rares exceptions, nos étudiants ne s'intéressent qu'à ce qu'ils voient et ne retiennent que ce qu'ils ont vu. Les raisonnements abstraits n'ont pas de prise sur eux quand ils ne sont pas soutenus par des expériences. C'est là pour moi une constatation bien établie, dont un professeur de Physique médicale doit tenir grand compte s'il veut que ses leçons puissent porter quelque fruit.

En Physique médicale, nous faisons des mesures et nous sommes par conséquent amenés à faire quelques calculs, qui d'ailleurs ne dépassent guère le niveau de la règle de trois. Nos étudiants manifestent une répulsion accentuée à l'égard des Mathématiques : je regrette vivement cet état d'esprit, mais je pense qu'il s'écoulera forcément un temps assez long avant que nos élèves soient capables de s'intéresser à une formule et d'en tirer tout ce qu'elle contient. Pour arriver à ce résultat, il faudrait, je crois, modifier un peu l'enseignement des Mathématiques et de la Physique dans les lycées, où les cours sont presque

toujours faits d'une façon trop abstraite. « Les abstractions, disait Herbert Spencer, n'ont de sens pour l'enfant que lorsqu'il a découvert qu'elles sont tout simplement l'énoncé de ce qu'il discerne intuitivement. » Il ne faudrait pas que les élèves pussent avoir cette idée fausse que les faits qui leur sont enseignés sont foncièrement différents de ceux qu'ils rencontrent dans la vie courante, où ils se trouvent constamment en face de petits problèmes dont la solution exige l'emploi de procédés mathématiques plus ou moins relevés. Les phénomènes qu'on montre dans les expériences de cours, en les dégageant autant que possible les uns des autres, ne diffèrent pas dans leur essence des phénomènes complexes qui se présentent à nous constamment, dans nos maisons, dans les rues et à la campagne. Le physicien, qui sépare artificiellement les phénomènes, le fait uniquement pour pouvoir les étudier plus facilement. En agissant ainsi, il procède par une sorte d'abstraction sur laquelle il conviendrait peut-être d'attirer davantage l'attention des élèves. Si, à cet égard, l'enseignement secondaire prête à quelques critiques, le grand avantage des travaux pratiques de Physique et de Chimie, même pour les jeunes gens qui professionnellement n'auront jamais à faire plus tard d'opérations de ce genre, est précisément d'offrir aux étudiants l'occasion de rentrer dans le concret. Et le professeur de Physique médicale, pendant les courts moments que les élèves passent à son laboratoire, doit donner à ses explications une tournure qui les rapproche autant que possible du concret. S'il touche un point de Mathématiques, il doit le faire en s'inspirant des idées que Laisant a prônées dans son petit volume *L'Initiation mathématique*. L'emploi des constructions géométriques me semble d'une manière générale être plus avantageux pour nos élèves que celui des formules mathématiques. En Optique, par exemple, on peut obtenir par la construction de Lissajoux bien des résultats intéressants. C'est de cette construction que je me sers pour traiter la question relativement compliquée des points principaux dans les systèmes optiques centrés, dont la théorie est plus aisément comprise par les étudiants si on la leur présente sous cette forme.

En 1917, à la Faculté d'Alger, outre l'enseignement de la Physique médicale, j'ai eu à assurer le service ophtalmologique. J'ai pu faire le cours d'Optique médicale dans la salle de réfraction de la Clinique ophtalmologique, et j'ai profité des circonstances pour présenter des malades à mes élèves : ceux-ci sentaient alors d'une façon plus immédiate l'importance pratique des théories que je leur exposais, et les leçons d'Optique, perdant leur aridité, prenaient pour eux beaucoup plus d'intérêt. A mon avis, il conviendrait de faire tout l'enseignement de l'Optique médicale dans les cliniques d'Ophtalmologie, et, pour des raisons analogues, tout l'enseignement de l'Electricité médicale dans les cliniques d'Electrothérapie et de Radiologie : car les étudiants sont beaucoup mieux disposés à travailler dans les cliniques que dans les amphithéâtres où se font les cours théoriques.

***

Après avoir indiqué sur quoi doit porter l'enseignement de la Physique médicale, et après avoir dit dans quel esprit il me paraît convenable de l'entreprendre, il me reste à parler de la méthode même d'enseignement. Un professeur doit s'arranger de façon à tenir toujours en haleine l'attention des étudiants. La présentation d'expériences nombreuses contribue beaucoup à empêcher les élèves de sommeiller ou de penser à autre chose pendant les cours. On les intéresse facilement en leur donnant des explications relatives à un appareil qui fonctionne sous leurs yeux, ou à un phénomène dont ils peuvent suivre les phases successives sans avoir à imaginer une série de représentations abstraites, ce qui serait pour eux un effort. On éveille encore davantage leur attention quand, en leur montrant les pièces d'un instrument, on demande à l'un d'eux : Pourquoi, d'après vous, cette pièce est-elle disposée de telle façon? Qu'est-ce qui va se produire quand nous la mettrons en action ? Les étudiants, toujours sous la menace d'une question qui peut leur être posée et à laquelle ils devront donner une réponse, suivent de plus près les explications fournies par le professeur.

D'autre part, dans les classes de Mathématiques spéciales et de Mathématiques élémentaires des lycées, on a reconnu depuis longtemps la nécessité de faire subir aux élèves des interrogations régulières, et c'est un fait bien établi que ces interrogations, ces *colles*, si elles ne sont pas toujours du goût des jeunes gens, leur sont du moins extrêmement profitables. Elles constituent le seul moyen d'obtenir d'une façon pratique que l'élève apprenne ses cours au jour le jour et s'assimile progressivement les matières qui lui sont enseignées. S'il revoit après chaque leçon les notes qu'il a prises à l'amphithéâtre ou au laboratoire, il retiendra beaucoup plus longtemps les explications qui lui ont été données que si, comme l'habitude en est malheureusement trop répandue, il se contente de prendre au cours des notes plus ou moins complètes, sans rouvrir ses cahiers entre temps, et de chercher dans la dernière quinzaine qui précède l'examen à en retenir par

cœur quelques bribes pour pouvoir sauver la face au jour de l'épreuve. Je crois donc qu'il conviendrait de faire subir des interrogations à nos élèves : la difficulté, c'est de trouver un personnel de colleurs.

Pendant la guerre, le nombre des élèves à la Faculté mixte de Médecine et de Pharmacie d'Alger étant très réduit, voici ce que j'ai pu faire : à la fin d'une leçon, j'indiquais le sujet sur lequel devait porter la leçon suivante, et j'engageais les étudiants à jeter, avant de venir au cours, un coup d'œil rapide sur les chapitres correspondants de leurs livres. Le jour venu, j'envoyais un élève au tableau, je lui faisais successivement toucher du doigt les différentes questions et les différentes objections qui se posaient naturellement dans l'étude de ce sujet, et je le dirigeais de façon à lui faire trouver la voie dans laquelle il devait chercher la réponse à chacune de ces questions ou de ces objections. Ce que l'élève découvre ainsi par le travail de sa pensée est beaucoup mieux su que ce qui lui a été dicté. Comme l'a écrit Herbert Spencer dans son livre sur l'éducation : « Il faut dire le moins possible à l'élève et lui faire trouver le plus possible. » Dans ces interrogations, je soulignais les difficultés auxquelles il était naturel de se heurter et le moyen de les écarter : je signalais les erreurs dans lesquelles on avait tendance à tomber et la manière de les éviter. Avec cette façon de procéder, une erreur faite par l'élève qui est au tableau devient très profitable pour lui et aussi pour les camarades qui l'écoutent. Le maître peut demander aux auditeurs leur opinion ; il peut, en traitant un sujet, se rendre compte du point délicat (qui n'est pas le même pour tous les étudiants) et insister sur les éclaircissements, de façon à ne passer à une question que lorsque la question précédente est pleinement élucidée pour tout le monde. De temps à autre, je faisais lire aux élèves une page d'un traité classique, pour voir ce qui était susceptible de les arrêter dans l'intelligence des phrases écrites : c'est ainsi que les étudiants peuvent apprendre à lire avec profit un ouvrage ou un article de journal scientifique.

Cette manière d'opérer est d'ailleurs beaucoup plus fatigante pour le professeur que la méthode habituelle qui consiste à débiter tranquillement une leçon préparée d'avance, sans s'inquiéter de la façon dont elle est écoutée et dont elle peut être comprise par les auditeurs. Pour diriger convenablement une interrogation, et surtout pour pratiquer la maïeutique, il faut que le professeur y mette beaucoup du sien ; le procédé exige du maître un travail préparatoire très poussé et une expérience pédagogique plus grande que celle qui lui est nécessaire pour faire tout simplement un cours magistral. Mais je m'occupe ici surtout des intérêts des élèves. Je n'affirme pas, n'en ayant pas encore fait l'épreuve, que cette façon d'enseigner soit praticable si le nombre des étudiants qui suivent le cours est très élevé, mais j'ai cru intéressant de signaler ce que les circonstances m'avaient permis de faire dans ces dernières années.

Et je voudrais faire remarquer que ces interrogations fréquentes offrent les plus sérieuses garanties au sujet des examens. Elles habituent les étudiants à s'exprimer d'une façon correcte, et elles permettent au professeur de savoir exactement à quoi s'en tenir sur le compte de ses élèves et de suivre leurs progrès. A mon avis, l'examen ne doit être que la sanction du travail de l'année. Je trouve foncièrement injuste qu'un étudiant puisse être refusé pour une réponse malheureuse faite le jour de l'épreuve, mais je n'admets pas que des connaissances absorbées rapidement, je ne puis dire assimilées, dans les quinze jours qui précèdent l'examen puissent suffire à faire recevoir un candidat. « Sçavoir par cœur n'est pas sçavoir », disait il y a longtemps déjà notre vieux Montaigne. Ces connaissances mal digérées seront oubliées en moins d'une semaine, et par conséquent elles ne profiteront nullement aux malades que nos étudiants auront à soigner plus tard.

Je songe souvent à l'examinateur incomparable qu'était Jules Tannery. Ceux qui ont été interrogés par ce Maître éminent n'oublient pas la bienveillance et la patience inlassable avec lesquelles il savait conduire un examen : il orientait ses questions de façon à se rendre un compte exact de la valeur du candidat, sans jamais le décourager, et finissait par le mettre au pied du mur, pour bien lui faire sentir qu'il lui restait encore quelque chose à apprendre. Les idées de Tannery sur la pédagogie ont été réunies en un volume sous le titre *Science et Philosophie*. La lecture de ces pages serait profitable à tous ceux qui s'occupent d'enseignement, et je ne saurais mieux terminer cet article que par une citation empruntée à la préface des *Leçons d'Algèbre et d'Analyse :* « Le parfait enseignement serait à mon sens un enseignement tel que celui qui l'a reçu et qui se l'est complètement assimilé s'étonne du peu de place que tiennent dans sa propre pensée les principes fondamentaux, les théories qui s'en déduisent, les méthodes qui en résultent, parce que ces principes sont si clairs, ces déductions si naturelles, ces méthodes si aisées qu'il peut à chaque instant les retrouver sans effort. »

Marcel Dufour,
Professeur à la Faculté de Médecine d'Alger.

BIBLIOGRAPHIE
ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Macmahon (Major P. A.), *F. R. S.* — **An Introduction to Combinatory Analysis.** — 1 *vol. in*-8° *de* VIII-71 *p.* (*Prix cart.* : 7 *sh.* 6 *d.*). *Cambridge, University Press*, 1920.

Ce petit livre est une introduction au traité de *Combinatory Analysis* en deux volumes publié par le même auteur en 1915-16 et analysé dans cette Revue (n° du 15 mars 1917, p. 152). Il a pour but d'exposer d'une façon élémentaire les relations qui existent entre la Théorie des fonctions symétriques et les problèmes les plus simples de l'Analyse combinatoire, ceux qui consistent à placer de toutes les manières possibles dans un certain nombre de boîtes de différentes espèces, dont plusieurs peuvent être de même espèce, — autrement dit, dans des boîtes de *spécification* donnée,— des objets de spécification également donnée. D'une lecture attrayante, illustré de nombreux exemples, ce petit livre remplit parfaitement le but que s'est proposé l'auteur, et il met en évidence les appuis que peuvent se fournir mutuellement des théories mathématiques en apparence étrangères l'une à l'autre.

E. Cartan,
Professeur à la Sorbonne.

Annales de l'Observatoire Royal de Belgique. *Nouvelle série.* **Annales astronomiques.** *Tome* XIV, *fasc.* II, *publié sous la direction de* P. Stroobant, *Directeur adjoint.* — 1 *vol. in*-4° *de* 124 *pages. Hayez, imprimeur, Bruxelles*, 1920.

Ce nouveau fascicule des *Annales de l'Observatoire Royal de Belgique* renferme trois mémoires.

Le premier, de M. H. Philippot, est consacré à une étude de la division du cercle méridien de Repsold. Des résultats obtenus, l'auteur conclut que, en raison de la précision exigée actuellement dans les observations des déclinaisons, on ne peut borner l'étude d'un cercle à la détermination des erreurs d'un certain nombre de traits fondamentaux, pour en déduire les erreurs systématiques de tous les traits; les valeurs des erreurs accidentelles sont trop importantes pour être négligées. De plus, si petits que soient les intervalles étudiés, on risque toujours, en calculant par interpolation les erreurs des traits intermédiaires de cet intervalle, d'obtenir des résultats qui sont tout à fait contraires à la réalité. Quel que soit le labeur qu'elle exige, l'étude d'un cercle divisé doit toujours être faite d'une manière complète et détaillée.

Dans un second mémoire, M. P. Stroobant fait connaître la suite de ses études sur la constitution de l'anneau des petites planètes, dont les premiers résultats, publiés il y a dix ans, portaient principalement sur la distribution des distances au Soleil et sur les dimensions des 512 astéroïdes catalogués à cette époque. Aujourd'hui, l'auteur a pu faire porter ses investigations sur 802 petites planètes, qu'il a divisées en 6 anneaux concentriques, à l'intérieur desquels les inclinaisons des orbites ne sont toutefois pas distribuées suivant la même loi. Il a déterminé la répartition des nœuds sur l'écliptique et les valeurs moyennes des inclinaisons. L'inclinaison moyenne des orbites des 802 petites planètes est de 9°54. Les périhélies des astéroïdes sont plus nombreux dans le voisinage de celui de Jupiter; l'explication théorique donnée par Newcomb est d'accord avec l'observation, mais cette dernière montre des écarts plus marqués. Les excentricités des orbites sont plus fortes dans les régions où les périhélies sont plus nombreux. L'excentricité moyenne des 801 orbites connues est 0,1476 ($\mu = 8°,49$). En se basant sur les observations de Curtis, et en tenant compte de l'inégale distribution des astéroïdes en latitude et en longitude héliocentriques, l'auteur trouve que le nombre total probable de ces corps est de 57.200 jusqu'à la grandeur 20 exclusivement. Les astéroïdes connus donnent, à partir de la 10e grandeur, la loi $A_m = 100.\ 2^{m-10}$ pour le nombre de petites planètes de grandeur m, d'où l'on déduit que le nombre total de ces corps, jusqu'à la grandeur 20, serait d'environ 100.000. Les mesures micrométriques et photométriques des petites planètes donnent, pour l'ensemble du groupe (en admettant une densité hypothétique de 3,33), une masse égale à 0,000.569 de celle de la Terre ou 1/586.000.000 de celle du Soleil.

Le fascicule se termine par l'exposé des observations effectuées en 1918 à l'Observatoire d'Uccle sur la *Nova Aquila* n° 3 : observations d'éclat, dues à MM. P. Stroobant, H. Philippot, L. Casteels et H. Vanderlinden; observations de position et détermination de la parallaxe relative, dues à MM. H. Philippot et E. Delporte.

L'ensemble de ces travaux, effectués dans les conditions particulièrement pénibles de l'occupation allemande, fait honneur à la science et au courage des astronomes belges.

Moulan (Ph.), *Professeur de Mécanique à l'Ecole industrielle de Seraing.* — **Cours de Mécanique élémentaire à l'usage des Ecoles industrielles.** 4e *édition, revue et augmentée par* C. Gerday. — 1 *vol. in*-8° *écu de* 1290 *p. avec* 1299 *fig.* (*Prix* : 40 *fr.*). *Ch. Béranger, Paris et Liége*, 1920.

Cet ouvrage est le résumé des leçons de Mécanique élémentaire données par Ph. Moulan à l'Ecole industrielle de Seraing. Il embrasse tout le champ de la Mécanique classique : Cinématique, Statique et Dynamique, avec ses applications à la Résistance des matériaux, à la Graphostatique, aux moteurs de toutes sortes : machines à vapeurs et turbines, moteurs à gaz et à pétrole, à l'hydraulique, au transport de l'énergie et aux machines-outils.

Les leçons de l'auteur s'adressant le plus souvent à de jeunes ouvriers qui venaient le soir, après leur travail, consacrer leurs loisirs à compléter leur instruction, Moulan a évité tout appareil mathématique qui les eût rebutés, et s'est borné à faire usage de l'Algèbre élémentaire dans ses démonstrations et ses calculs; il a d'autre part accentué le côté pratique de son œuvre par de nombreux exemples et applications.

M. Gerday, qui a succédé à Moulan dans sa chaire, et qui a assumé la publication des éditions successives de ce cours, l'a constamment remis à jour et enrichi de divers développements, de façon à lui conserver son caractère d'actualité; une bonne partie du succès persistant de l'ouvrage lui est due.

C. Maillard.

Dévédec (Pierre), *Ingénieur des Arts et Manufactures.* — **Application de la résistance des matériaux au calcul des ouvrages en béton armé.** — 1 *vol. in*-8° *de* XVI-372 *pages avec* 201 *fig.* (*Prix* : 40 *fr.*). *Dunod, éditeur, Paris*, 1920.

La rareté des fers et des aciers de construction pendant la guerre, rareté qui continue d'ailleurs, a contraint les ingénieurs à recourir de plus en plus à l'emploi du béton armé dans tous les genres de constructions.

De ce fait, l'emploi de ce matériau, déjà à la mode avant 1914, s'est généralisé même dans les cas où son usage pouvait donner lieu aux plus vives critiques ou tout au moins à des réserves très justifiées. Cet engouement se calmera d'ailleurs lorsque les autres matériaux deviendront plus abondants.

Quoi qu'il en soit, la nécessité d'y recourir persistant encore, un besoin parallèle de connaître la méthode de

calcul qui lui est propre s'est d'autant plus vivement fait sentir que la Circulaire ministérielle du 20 octobre 1906, qui réglemente si étroitement la question, n'est pas d'une application facile dans l'étude des projets et n'est appliquée, en fait, que pour leur justification *a posteriori*.

De là, toute cette floraison d'ouvrages, appuyés sur la Circulaire, traitant du calcul de la construction en béton armé. La plupart n'ont aucune ambition d'apporter une nouvelle solution et presque tous se bornent à présenter à leurs lecteurs, sous des formes variées, des méthodes déjà connues, en y ajoutant seulement des renseignements techniques nécessaires à toute étude et des données numériques également utiles.

Tous ces ouvrages ne se distinguent donc les uns des autres que par leur plus ou moins grande facilité de lecture, la clarté de l'exposition du sujet, la rigueur de leur démonstration ou l'abondance des matériaux réunis. C'est donc aussi le seul objectif de celui-ci d'avoir eu comme but « de rassembler d'une manière aussi simple et aussi complète que possible des notions de résistance, dont l'application se rencontre couramment dans l'étude des constructions en béton armé ».

La première partie du volume est consacrée à l'étude des propriétés mécaniques du béton armé. C'est un exposé succinct de faits d'expérience, particulièrement indispensables ici et si souvent mal connus, qui permettra aux lecteurs de se rendre compte de la portée des hypothèses fondamentales et des méthodes habituelles de calcul. Il faut savoir gré à l'auteur d'avoir débuté par là; ses lecteurs éviteront ainsi bien des mécomptes, auxquels d'autres, moins bien informés, n'ont pas échappé.

La deuxième partie traite des éléments de la construction en béton armé. La théorie est présentée sous une forme assez générale pour être sûrement appliquée dans des cas différents des exemples numériques, qui très sagement sont donnés pour la mieux faire comprendre et l'interpréter sainement.

La troisième partie est réservée à l'étude des conditions d'équilibre de quelques types d'ouvrages : cheminées, fondations, murs de soutènement, silos.

La quatrième partie reproduit la Circulaire ministérielle, les instructions relatives à l'emploi du béton, ainsi que le rapport de la Commission.

Quelques tables numériques d'usage courant terminent le volume.

Ainsi rédigé, nous croyons pouvoir présenter cet ouvrage comme un manuel pratique, utile aux constructeurs que le côté théorique intéresserait moins, et où ils trouveront assemblés les renseignements nécessaires à l'étude et à la vérification des projets.

L. Poiin.

2° Sciences physiques

Marmier (Mlle J.). — **Formation naturelle du Mineur Instrumental et de tous les Modes et Accords par la résonance.** — 1 *vol. gr. in-8° de* 126 *p.* (*Prix :* 15 *fr.*). *Chez l'auteur*, 7, *boulevard de la Pyramide*, *Clermont-Ferrand*, 1920.

Le but de l'ouvrage est de trouver dans l'échelle des harmoniques d'un son toutes les notes utilisées en musique dans la gamme dont ce son est le premier degré, et cela aussi bien pour le mode mineur que pour le mode majeur. Les harmoniques supérieurs ne suffisant pas, l'auteur a recours aux harmoniques inférieurs introduits dans la science musicale, d'abord par Zarlino[1], puis par Œttingen et Hugo-Riemann, et définis de la manière suivante : si l'on prend pour unité la fréquence vibratoire d'une note, les notes de fréquences 1, 2, 3, 4..., *n* étant les harmoniques supérieurs, les notes de fréquences 1/2, 1/3, 1/4,... 1/*n* sont appelées les harmoniques inférieurs ou sous-harmoniques de la note donnée.

1. Voir Vincent d'Indy, Cours de composition musicale, 1er livre, p. 135.

Il ne s'agit pas pour l'auteur de créer des intervalles nouveaux, mais seulement de montrer après coup que les intervalles introduits empiriquement dans la pratique musicale appartiennent aux sons de ces deux échelles.

Après avoir exposé la théorie de la vibration par influence et la formation de l'accord parfait majeur do_2-mi_2-sol_2 par les harmoniques supérieurs et celle de l'accord parfait mineur inverse mi_2-do_2-la_1 par les sous-harmoniques d'après H. Riemann et Vincent d'Indy, l'auteur passe en revue les différentes divisions de l'octave employées par les musiciens grecs dans les trois genres, diatonique, chromatique et enharmonique, et, tenant compte du mélange des genres, qui était en vigueur dans l'Antiquité, elle conclut « que l'oreille des Grecs a recherché la série :

mi_2	$ré_2$	do_2	si_1	la_1	sol_1	fa_1	fa_1	mi_1	des multiples
8	9	10	11	12	13	14	15	16 »	

(ces nombres mesurent les longueurs des segments de corde qui donnent les notes correspondantes; on peut aussi bien les regarder comme les numéros d'ordre des sous-harmoniques de mi^5 ou comme les inverses de leurs fréquences).

L'auteur donne ensuite la constitution des modes diatoniques des Grecs, qui sont devenus les modes du plain-chant. Puis elle retrace la naissance et le développement de la polyphonie qui donne une importance croissante au mode d'*ut*, d'abord non classé théoriquement. Enfin elle arrive à la révolution produite dans la théorie par l'adoption de la tierce 5/4 à la place du diton pythagoricien, et à l'œuvre théorique de Rameau, qui fonde la gamme majeure sur la superposition de trois accords parfaits empruntés aux harmoniques 4, 5, 6, l'accord de tonique étant placé entre les deux autres. Cette théorie, parfaitement satisfaisante pour le mode majeur, ne conduit pas à une génération satisfaisante du mode mineur.

Vincent d'Indy fonde simultanément l'accord parfait majeur et l'accord parfait mineur en considérant successivement deux cordes de tension constante et dont on ne fait varier que la longueur de la partie vibrante. La première est choisie de manière à rendre le son ut_1. Si l'on prend sa longueur pour unité de longueur, et si l'on inscrit sous le nom de *fréquence relative* le rapport des fréquences de ses harmoniques à la fréquence de la note fondamentale, on obtient par ses harmoniques supérieurs les notes suivantes :

n° d'ordre des harmoniques	longueur de la partie vibrante	fréquence relative	nom de la note
—	—	—	—
1	1	1	ut_1
2	1/2	2	ut_2
3	1/3	3	sol_2
4	1/4	4	ut_3
5	1/5	5	mi_3
6	1/6	6	sol_3

La seconde corde est choisie de manière à ce que le sixième de sa longueur donne le mi_3; on obtient, par ses sous-harmoniques, les notes suivantes, en prenant pour unité de longueur celle de cette seconde corde :

n° d'ordre des sous-harmoniques	longueur de la partie vibrante	fréquence relative	nom de la note
—	—	—	—
1	1/6	6	mi_3
2	2/6	6/2	mi_2
3	3/6	6/3	la_1
4	4/6	6/4	mi_1
5	5/6	6/5	ut_1
6	6/6	6/6	la_0

On obtient ainsi, en supprimant les redoublements, les deux accords ut_1-sol_2-mi_3, mi_2-la_1-ut_1, dont les notes sont à des intervalles, montants dans le premier, descendants dans le second, de même grandeur, et qui donc, pour V. d'Indy, sont un seul et même accord,

l'*Accord*, envisagé sous deux aspects, l'aspect majeur et l'aspect mineur, le premier étant considéré du grave à l'aigu, le second de l'aigu au grave.

Mlle J. Marmier indique (p. 66) la construction des deux gammes correspondantes par la méthode de Rameau :

mode majeur		mode mineur	
—		—	
ut-mi-sol		mi-ut-la	
fa-la-ut	sol-si-ré	si-sol-mi	la-fa-ré

Le mode mineur ainsi obtenu est un des modes diatoniques antiques; la musique moderne y ajoute des notes altérées, *sol♯*, *fa♯*, dont l'introduction est étudiée dans le chapitre suivant. C'est l'échelle

la si do ré mi fa sol♯ la

qui constitue l'échelle dite du *mineur instrumental*.

L'échelle

la si do ré mi fa fa♯ sol♯ la

est appelée échelle du *mineur moderne* : l'auteur y voit les sous-harmoniques de *mi* :

8	9	10	11	12	13	14	15	16
mi	ré	do	si	la	sol♯	fa♯	fa♯	mi

Puis vient le « majeur mineur de Hauptmann », dont la gamme est :

do ré mi fa sol la♭ si do.

Comme elle s'emploie fréquemment avec le *si* tantôt naturel tantôt bémol, l'auteur complète cette gamme par l'adjonction de *si♭* et voit dans la nouvelle gamme la série des harmoniques

8	9	10	11	12	13	14	15	16
do	ré	mi	fa	sol	la♭	si♭	si♭	do

correspondant à la gamme descendante des sous-harmoniques

mi ré do si la sol♯ fa♯ fa♯ mi.

Et ainsi toutes les notes employées en musique sont rattachées à la série des harmoniques et à celle des sous-harmoniques.

« Ce système, dit l'auteur, d'après M. Lavignac, n'a pas été organisé par des mathématiciens ni d'après leurs calculs; il a été créé empiriquement par les musiciens, sans autre guide que leur instinct, qui les portait à choisir les sons dont les rapports leur paraissent agréables; mais la théorie acoustique vient expliquer de quelle façon leur sens artistique a été guidé à leur insu, et prouve que le résultat de leurs essais, de leurs tâtonnements séculaires, constitue un système normal, admirablement d'accord avec la logique la plus rigoureuse. »

De nombreux exemples de pièces musicales, empruntées à toutes les époques, y compris l'antiquité grecque, illustrent d'un bout à l'autre les considérations théoriques développées.

C'est une louable préoccupation que celle de rechercher ce qu'il y a de scientifique, c'est-à-dire d'objectif, d'immuable dans le matériel sonore employé par l'art musical. Et s'il est vrai que toutes les notes d'un ton appartiennent aux harmoniques d'une seule note, on a là une réponse nette à la question qui se pose naturellement à l'esprit : comment se fait-il que la musique n'emploie pas des sons dont la fréquence puisse varier d'une manière continue? quelle raison le musicien a-t-il pour choisir certaines valeurs de la fréquence et exclure toute autre?

Mais cette proposition est-elle bien établie?

Dès le début, l'auteur donne des noms de notes musicales aux harmoniques 7, 11, 13, sans se préoccuper du degré d'approximation qu'elle emploie. Si la pratique ne peut exister que par l'approximation, la théorie exige l'exactitude. Or on peut bien dire, si l'on veut, que le *si♭* est le 7e harmonique d'*ut par définition*, mais ce *si♭* n'est pas la seconde quinte descendante à partir d'*ut*. De même si l'on appelle fa♯ le 11e harmonique, ce *fa♯* n'est pas à la tierce majeure de *ré*, et si l'on appelle *la♭* le 13e harmonique, ce *la♭* n'est ni la quatrième quinte descendante à partir d'*ut*, ni d'un demi-ton au-dessous de la tierce de *fa*. Calculons les écarts, et à ce propos il est bien à souhaiter que les musiciens adoptent, pour mesurer numériquement les intervalles musicaux, l'évaluation en *savarts*, qui a été introduite dans la science par A. Guillemin (*C. R. Acad. des Sc.*, 28 avril 1902, p. 980) et expliquée par H. Bouasse (*Bases physiques de la Musique*, p. 11), et qui satisfait parfaitement l'instinct musical, parce qu'elle considère les intervalles comme additifs.

Le 7e harmonique est à 243 savarts (243^{7}) du son fondamental (log 7 — 2 log 2). Si l'on appelle *ut* le son fondamental, et que l'on calcule l'intervalle *ut* — *si♭* en prenant pour *si♭* la quarte de *fa*, on trouve $125^{7} + 125^{7} = 250^{7}$. Par conséquent le 7e harmonique est de 7^{7} au-dessous de *si♭* quarte de *fa*, et comme un demi-ton tempéré est de 25^{7}, l'intervalle est d'un peu plus de 1/8 de ton tempéré. Peut-on le négliger dans une théorie où l'on envisage les intervalles employés dans le genre enharmonique des Grecs, intervalles qui se mesuraient en huitièmes de ton?

Le 11e harmonique est à 138^{7} du son fondamental (log 11 — 3 log 2); or le *fa♯* tierce de *ré* est à 158^{7} d'*ut* et le *fa* à 125^{7}. Le 11e harmonique est donc à 23^{7} au-dessus de ce *fa* et à 20^{7} au-dessous de ce fa♯.

On verrait de même que le 13e harmonique d'*ut* est de 11^{7} au-dessous du *la* de la gamme de Zarlino, et de 18^{7} au-dessus de *la♭*; or l'auteur en fait le *la♭*. Quand on fait de telles approximations, de quel droit peut-on soutenir que le système obtenu est « admirablement d'accord avec la logique la plus rigoureuse »? D'ailleurs, sans aucun calcul numérique, il est facile de voir que les harmoniques 7, 11, 13, 14 ne sont pas des notes musicales, puisque, les ayant sous la main dans le cor d'harmonie, les musiciens ne s'en servent pas sans les corriger, soit par une modification du souffle, soit par l'introduction de la main dans le pavillon.

Un second point à critiquer, c'est l'emploi des sous-harmoniques de H. Riemann pour la génération du mode mineur. Ici le rôle du critique est délicat, parce que l'auteur s'abrite derrière le nom vénéré de Vincent d'Indy. Cependant l'admiration pour le compositeur n'entraîne pas nécessairement l'adhésion aveugle aux conceptions du théoricien, surtout quand il s'agit, non de la théorie de la composition, mais de celle de la génération des notes et des accords.

Les sous-harmoniques ont le défaut capital de ne pas exister. Il existe pourtant bien des harmoniques inférieurs, signalés pour la première fois par Savart, et étudiés expérimentalement par MM. Gabriel Sizes et Massol[1]. Mais ces harmoniques inférieurs n'ont pas les fréquences 1/2, 1/3, 1/4, 1/5... L'oreille les entend en partie dans le son des cloches, des gongs, etc..., mais ils ne sont pas perceptibles *à l'audition simple* dans le son des véritables instruments de musique (cordes, tuyaux). C'est en enregistrant sur un cylindre tournant les vibrations du corps sonore et étudiant les courbes inscrites, qu'on les détermine. Ils admettent un son fondamental qui non seulement ne s'entend pas, mais ne s'inscrit pas non plus : ce son fondamental se calcule, et cela de façon à ce que les fréquences des vibrations enregistrées soient des multiples de sa fréquence; le son musical qui s'entend comme son principal est l'un des harmoniques de ce son fondamental, et les harmoniques inférieurs, au lieu d'être entre eux à des intervalles de plus en plus petits à mesure qu'ils s'éloignent du son principal, sont au contraire à des intervalles de plus en plus grands.

Quand un corps sonore est mis en vibration, il pro-

1. *C. R. Acad. des Sc.*, 18 novembre 1907, p. 873, et nombreuses notes ultérieures.

duit pour l'oreille une certaine note : c'est le son *prédominant*; mais il exécute des vibrations harmoniques dont l'échelle générale est toujours composée de deux parties: 1° l'*échelle inférieure au son prédominant*; 2° l'*échelle partielle supérieure*, qui a le son prédominant à sa base. Ni l'une ni l'autre de ces deux échelles n'est, en général, complète. Elle présente toujours des lacunes; la fréquence vibratoire des sons partiels réellement produits dépend de la nature du corps sonore et de la manière dont il est attaqué par le toucher, le coup d'archet ou le souffle. Par exemple, dans une corde de piano, les sons les plus graves de l'échelle inférieure sont dus aux vibrations tournantes de A. Cornu (*Journal de Physique*, 1896).

A l'audition simple, nous ne percevons que les sons de l'échelle partielle supérieure, mais nous ne les percevons pas tous. Les sons doux, calmes, de la flûte manifestent particulièrement les harmoniques 2, 4, 6, 8, 10, et plus faiblement 12 et 14; les sons éclatants des cordes de piano ou des tuyaux à pavillon manifestent particulièrement les harmoniques 1, 3, 5, 7, 9, et plus faiblement 11 et 13.

Tels sont les faits fournis par l'expérience; tels sont les matériaux qu'on est en droit d'appeler « naturels ». Par conséquent la génération du mode mineur par les sous-harmoniques ne peut être regardée que comme *artificielle*. Il ne sert de rien d'alléguer (J. Marmier, p. 13) l'existence réelle des notes *la*, *ut*, *mi* dans la série des harmoniques supérieurs de *fa* aux rangs 10, 12, 15. Je prouverais aussi bien que l'accord *si-ré-fa* est *naturel*, en montrant que ses notes sont les harmoniques 45, 54, 64 de *fa*.

Et en général trois sons quelconques de fréquences $\frac{p}{q}, \frac{p'}{q'}, \frac{p''}{q''}$, donnés par des segments d'une corde de longueur 1, sont toujours les harmoniques de rangs $pq'q''$, $p'qq''$ et $p''qq'$, du son fondamental de fréquence $\frac{1}{qq'q''}$, donné par la corde de longueur $qq'q''$.

Cet argument est donc sans valeur. Ce qu'il y a d'objectif dans la *perfection* de l'accord *parfait*, c'est qu'il est produit par les *premiers* harmoniques *consécutifs* de la *tonique* : ut_1-ut_2-sol_2-ut_3-mi_3; tel est le véritable accord parfait fourni par la nature, accord de cinq notes auquel l'oreille est habituée par la résonance réelle et perceptible d'une corde et d'un tuyau ouvert, que par conséquent elle trouve nécessairement consonant quand elle l'entend produit par des corps sonores distincts rendant chacun leur son prédominant. L'accord ut_1-mi_1-sol_1 n'en est qu'une simplification obtenue par suppression de notes redoublées et sauts d'octave inférieure. Mais il est tout à fait arbitraire de qualifier de *naturel* un accord dont les notes sont des harmoniques éloignés, non consécutifs, d'un son qui n'est pas la tonique à laquelle se rattache cet accord.

Si le caractère *naturel* est refusé à la génération de l'accord parfait mineur par les sous-harmoniques, est-ce une raison décisive pour rejeter la théorie de la formation de l'harmonie mineure adoptée par Vincent d'Indy ? A la considération des sous-harmoniques on peut substituer le procédé de l'inversion. L'inversion, procédé artificiel, de tout temps employé dans l'architecture musicale [1], est une transformation qui consiste à faire correspondre à chaque intervalle montant un intervalle descendant de même grandeur. Si $\frac{N}{M}$ est le rapport des fréquences des deux notes formant l'intervalle donné, l'intervalle « inversé » correspondant s'obtient en divisant un nombre fixe K, arbitrairement choisi, par ce rapport : on obtient ainsi l'intervalle $K\frac{M}{N}$. La note dont la fréquence est $\sqrt{K}$ se confond avec son inverse : c'est la note-pivot. L'inversion, appliquée aux notes « pythagoriciennes », c'est-à-dire aux notes appartenant à la série des quintes, fournit d'intéressantes combinaisons mélodiques. Par exemple de la formule

ut ré mi fa sol fa mi ré (notes pythagoriciennes),

on pourra tirer, en prenant *ré* pour pivot, la réponse symétrique.

mi ré ut si la si ut ré.

Avec le même pivot *ré*, le chant ut_1 mi_1 sol_1 aura pour symétrique mi_1 ut_1 la_0.

Mais d'abord ce procédé est inapplicable à la gamme de Zarlino, et, pour cette raison, ne se confond pas avec l'emploi des sous-harmoniques; de plus, ce procédé de transformation, très recommandable pour développer une idée mélodique, paraît inadmissible pour former des accords, parce que dans un accord dont les notes sont entendues simultanément, l'oreille ne peut pas distinguer comme « prime » la note supérieure, en sorte que la parenté entre les accords des deux modes inverses ne peut être que comprise par l'intelligence, et non saisie par la sensibilité [1].

Et d'ailleurs quelle que soit la note de l'accord que l'intelligence considère comme « prime », que l'accord soit lu de bas en haut ou de haut en bas, il y a un fait objectif qui distingue essentiellement l'accord mineur de l'accord majeur : c'est la production, perceptible à l'oreille, des sons résultants différentiels et des harmoniques supérieurs. Or ces sons accessoires modifient très différemment les deux accords. En particulier les sons résultants des notes de l'accord ut_2-mi_2-sol_2 (notes de Zarlino) sont ut_0-ut_0-ut_1 [2], d'un excellent effet; tandis que ceux des notes de l'accord inverse mi_3-ut_3-la_2 sont fa_0-ut_1-la_1, et le fa_0, son absolument étranger, trouble la consonance. Quant aux harmoniques supérieurs, ils altèrent aussi bien l'accord *ut-mi-sol* que l'accord *mi-ut-la*, mais de manière différente, et d'ailleurs, sans aucun calcul, il est facile de constater que sur un harmonium l'accord ut_1-sol_1-mi_3-ut_3 sonne de façon très satisfaisante, tandis que l'accord inverse mi_3-la_2-ut_2-mi_1, est très dur, ce qui provient sans aucun doute, au moins en partie, du 3e harmonique si_2 de la note la plus grave mi_1, résonnant à côté de la_2. En faisant cette constatation, je ne prétends pas fonder, avec Helmholtz, la théorie de la consonance sur les harmoniques, les sons résultants et les battements; mais il est incontestable que ces sons partiels fournissent aux accords des caractères objectifs qu'on n'a pas le droit de méconnaître.

Il est donc arbitraire, et contraire aux faits d'observation, d'affirmer qu'il n'existe qu'un seul accord, l'accord parfait, et que cet accord se manifeste sous deux aspects différents, l'aspect *majeur* et l'aspect *mineur*, suivant qu'il est engendré du grave à l'aigu ou de l'aigu au grave.

La formation de l'accord mineur comme *inverse* de l'accord majeur ne se justifie donc pas plus que sa formation par les sous-harmoniques. Il est arbitraire aussi de considérer la gamme

mi ré ut si la sol fa mi,

inverse de la gamme

ut ré mi fa sol la si ut,

comme étant celle du mode « deuterus » de la musique médiévale : si l'on attribue aux notes de cette gamme les valeurs pythagoriciennes, ces notes sont bien celles du « deuterus », mais les mélodies de ce mode médiéval ne présentent nullement le caractère de l'inversion.

1. Voir l'étude systématique de ce procédé dans l'ouvrage de M. Gandillot : « Essai sur la Gamme », p. 80.

1. Voir Léon Boutroux : Réflexions sur le système d'harmonie de M. Hugo Riemann. *Revue Musicale*, 1903; pp. 628, 663.

2. Voir Léon Boutroux : *Revue scientifique*, 1900, 10, 17 et 24 mars. Pour M. G. Sizes, les sons résultants différentiels de Helmholtz sont dus à la coïncidence d'harmoniques inférieurs communs à l'association harmonique des divers sons musicaux qui les produisent.

En somme, le but poursuivi par l'auteur n'est pas atteint. Elle n'a pas obtenu la formation « naturelle » des modes ni des accords par la résonance.

Mais pourquoi donc vouloir que la gamme mineure, que l'accord parfait mineur soient des agrégations de sons « naturels »? Pourquoi le musicien ne ferait-il usage que d'intervalles musicaux naturels? Le peintre n'utilise-t-il pas des couleurs artificielles, comme le bleu de Prusse ou le jaune de chrome, aussi bien que des couleurs naturelles, comme la cochenille ou la gomme-gutte?

Certes il faut bien, pour faire une construction musicale quelconque, employer comme matériaux des éléments naturels, et on ne voit pas d'autres éléments déterminés fournis par l'observation de la nature, que les harmoniques; mais ces éléments ne peuvent pas être les harmoniques pris dans n'importe quelles parties de l'échelle générale de résonance; ce ne peuvent être que des harmoniques perceptibles par l'oreille à l'audition simple, c'est-à-dire surtout les harmoniques 1, 2, 3, 4, 5. Ceux-ci fournissent les intervalles fondamentaux suivants :

1° harmoniques 1, 2, 3 : octave et quinte; ces intervalles suffisent pour édifier tout le système musical dit « pythagoricien », c'est-à-dire le tétracorde diatonique d'Eratosthène $\left(\frac{9}{8}\times\frac{9}{8}\times\frac{256}{243}=\frac{4}{3}\right)$ et tous les *systèmes* qui en sont formés, savoir tous les modes diatoniques grecs, devenus les modes ecclésiastiques, et tous les tons, au sens moderne du mot.

2° harmoniques 1, 2, 3, 4, 5 : octave, quinte et tierce harmonique $\frac{5}{4}$, accord parfait; cet accord suffit pour édifier, par la théorie de Rameau, une autre gamme diatonique, n'ayant qu'un seul mode, le mode majeur. C'est la gamme dite de Zarlino. Quant à l'accord dit « accord parfait mineur », c'est essentiellement un produit artificiel, et l'emploi n'en est pas pour cela moins légitime. Il suffit, pour l'obtenir, d'appliquer à l'accord parfait (des harmoniques 4, 5, 6) le procédé, employé de tout temps dans la musique homophone, qu'on peut appeler le *parallélisme diatonique*, et qui consiste, dans l'écriture, à déplacer un dessin mélodique sur la portée par un changement de clef *sans changer l'armure*. Par ce procédé de transformation le système tierce majeure + tierce mineure devient, sur le 6e degré de la gamme de Zarlino, tierce mineure + tierce majeure : c'est l'accord parfait mineur[1]. Nous ne pouvons pas, avec la gamme de Zarlino, continuer à appliquer le procédé du parallélisme diatonique pour constituer la gamme mineure par la méthode de Rameau, en superposant trois accords parfaits mineurs dont l'accord *la-ut-mi* serait au milieu. Car le *ré* de la gamme de Zarlino n'est pas à la quinte exacte au-dessous du *la*. Mais cette gamme de Zarlino n'a qu'une existence théorique : elle est inutilisable en musique; la gamme réellement employée de nos jours est la gamme tempérée, formée par additions successives de demi-tons aristoxéniens. Avec la gamme majeure *tempérée*, où tous les intervalles de tons sont égaux, rien n'empêche de former l'accord parfait mineur *ré-fa-la* qui a le *la* pour quinte, et l'accord parfait mineur *mi-sol-si* qui a le *mi* pour base. Et le mode de *la* se trouve créé. Dans les cadences l'imitation « régulière » de l'accord de quinte du mode d'*ut*, employée au lieu du parallélisme diatonique, conduira à prendre pour accord de quinte du mode de *la* l'accord *mi-sol♯-si* au lieu de *mi-sol-si;* et ainsi se trouve constituée la gamme dite du « mineur instrumental ». Quant aux accords en général, on les forme, soit dans le mode majeur, soit dans le mode mineur, par superposition de tierces diatoniques, c'est-à-dire tantôt majeures, tantôt mineures suivant le degré dont elles partent, selon la théorie de Rameau.

1. Voir Léon Boutroux : « Nature et rôle du système musical traditionnel », *Revue musicale*, 1910, p. 81 et *passim*.

Nous n'admettons donc pour le mode mineur moderne aucune formation « naturelle ». Ce mode est essentiellement artificiel, aussi bien dans ses accords que dans sa gamme. Mais la musique moderne n'emploie aucune gamme « naturelle ». La gamme de Zarlino, à laquelle on donne souvent ce nom, ne le mérite qu'en apparence, puisque la pratique musicale n'en peut faire aucun usage.

Ce qu'il y a de « naturel » dans le matériel sonore de la musique, ce sont les intervalles d'octave, de quinte, et de tierce harmonique 5/4; toutes les autres agrégations de sons qu'on emploie sont artificielles, et ne sont pas pour cela moins acceptables; il suffit, pour qu'elles ne soient pas contraires à la nature, qu'elles soient obtenues par des combinaisons de ces intervalles naturels fondamentaux. Je ne veux pas dire que l'emploi des harmoniques 7, 11, 13 soit illégitime; mais en fait ces harmoniques ne s'emploient pas, si ce n'est, par exception, l'harmonique 7 du cor; et d'ailleurs la nécessité pratique de renoncer aux intervalles exacts dans la musique réelle ôte tout intérêt à l'introduction de ces harmoniques, puisque le tempérament efface la différence entre les sons qu'ils fourniraient et d'autres sons obtenus sans eux.

Enfin il est difficile de laisser passer sans aucune protestation cette assertion, que le système musical a été entièrement créé par l'instinct des musiciens, et que les théoriciens n'ont trouvé qu'après coup des éléments scientifiques dans cette création. Cette assertion, décourageante pour le savant, ne paraît pas d'accord avec l'histoire : outre qu'on ne peut guère contester aux mathématiciens grecs la détermination des intervalles fixes d'octave et de quinte, et celle des intervalles variables, mais non entièrement arbitraires, qu'on y a insérés, il est certain que l'admission en musique de la tierce 5/4, suggérée par les acousticiens, a été le point de départ du développement de la musique harmonique, c'est-à-dire de toute la musique moderne.

La science fournit à l'art des matériaux, en musique aussi bien qu'en architecture ou en peinture, et cela ne retire rien à la valeur du génie de l'artiste, qui, avec ces matériaux, fait de la beauté.

Léon Boutroux,
Professeur à l'Université de Besançon.

Eykman (Feu J. F.), *Professeur à l'Université de Groningue.* — **Recherches réfractométriques**, *éditées par le* Dr A. F. Holleman, *avec le concours de la* Société Hollandaise des Sciences de Haarlem. — 1 *vol. in-4° de* 555 *pages, avec figures et nombreux tableaux numériques. Imprimerie De Erven Loosjes, Haarlem*, 1919.

M. le Dr A. F. Holleman a eu la pieuse pensée de rassembler les recherches réfractométriques entreprises, pendant plus de vingt-cinq ans, par le grand chimiste organicien J. F. Eykman. Nous ne pouvons que féliciter de ce beau travail le collègue si fervent de cet homme éminent. La Société hollandaise des Sciences de Haarlem lui a permis d'ailleurs de mener à bien la publication de cette œuvre magistrale et nous devons aussi savoir gré à cette Société de rester fidèle à ses belles traditions. Car, de cet ensemble complet découlent des conclusions importantes qui, en aidant au développement de la Chimie organique, permettent de se rendre mieux compte des services que la réfractométrie peut rendre à cette partie de la Science dans la recherche de la constitution des corps.

Il est difficile de donner, en quelques mots, une idée de l'œuvre d'Eykman, mais je vais essayer d'en dégager les parties essentielles.

Tout d'abord, en ce qui concerne les recherches réfractométriques proprement dites, on peut les résumer en disant que ce savant s'était imposé la tâche énorme de soumettre à une revision toute la réfractométrie des composés organiques.

Une partie originale du travail, qui consistait à dé-

terminer pour nombre de substances les constantes optiques et les densités à des températures souvent très élevées, réside dans la création d'un outillage personnel permettant de n'utiliser qu'un gramme de substance et de porter la température à 140°. Le pycnomètre à tige capillaire graduée, dont Eykman se servait, permettait d'évaluer, par un déplacement de la colonne liquide de 1/10e de millimètre, une variation de volume de 0,00002 cm³. Le réfractomètre employé par Eykman fut construit par Fuess d'après ses indications. En voici sommairement le principe : Pour une substance d'un indice de réfraction de 1,6732 (valeur maxima approximative pour les corps organiques et pour la raie α du spectre de l'hydrogène), il faut employer un prisme de 50° pour obtenir une déviation minima de 40°. Or, la position du minimum de déviation implique que, dans toute autre position du prisme, on aura un plus grand angle de déviation et il est donc possible, en remplissant le prisme avec un liquide moins réfringent, de trouver une position donnant également une déviation de 40°. Le collimateur et la lunette du réfractomètre sont donc fixes et font un angle invariable de 40°. Si le liquide étudié a un indice de réfraction inférieur à 1,6732, il faut, pour apercevoir la raie α sur le réticule de la lunette, tourner le prisme d'un certain angle autour d'un axe vertical ; si l'on mesure dans cette position l'angle d'incidence, on en déduit l'angle de réfraction, connaissant l'angle du prisme. On peut alors calculer l'indice de réfraction avec une précision qui, si l'on porte l'angle du prisme à 62-63°, est de 4 unités de la 5e décimale.

Eykman a utilisé pour définir la réfraction moléculaire la formule de Gladstone ou celle de Lorentz ; mais, persuadé qu'on aura de plus en plus besoin d'opérer à des températures élevées pour lesquelles de nombreux corps organiques deviennent liquides, il chercha une formule, caractéristique du pouvoir réfringent moléculaire, indépendante de la température, et l'expression $\frac{n^2-1}{n+0,4}\frac{M}{d}$ (n, indice de réfraction, d, densité, M, poids moléculaire) qu'il a proposée est pratiquement constante dans un intervalle de température de 120°. Bien que cette formule n'ait pas de fondement théorique, il n'en est pas moins vrai qu'on sera bien obligé d'y recourir quand, au lieu d'opérer comme on le fait à la température ambiante, le besoin se fera sentir d'étendre les mesures à des températures élevées. Eykman apparaît donc ici comme un précurseur.

De ses déterminations de réfractions et de dispersions moléculaires, on a pu, en tout cas, déduire les principaux résultats suivants :

La valeur de l'homologie (CH^2) s'écarte plus ou moins pour les termes initiaux des séries homologues pour devenir bientôt constante (à partir du 3e terme) et atteindre la valeur $CH^2 = 7,587$ (formule de Gladstone pour une longueur d'onde infinie). Toutefois la valeur normale ne se rencontre que si on compare des substances rigoureusement homologues et, d'autre part, même quand il s'agit des termes supérieurs d'une série, la transformation de $\frac{CH^3}{CH^3}>C$ en $\frac{C^2H^5}{C^2H^5}>C$ entraîne des irrégularités.

En effet, l'influence de la ramification de la chaîne carbonique s'est montrée très apparente ; les composés à chaîne normale ont une réfraction supérieure à leurs isomères.

Il est possible aussi de distinguer, par voie optique, les chaînes des composés cycliques et le nombre d'atomes de C engagés dans ces chaînes.

Parmi les stéréo-isomères, ce sont les formes les plus stables qui ont la réfraction la plus élevée.

Des recherches sur la valeur réfractométrique de la double soudure, il faut déduire que la valeur réfractométrique des deux atomes d'hydrogène, désignée par [H^2] et obtenue par comparaison d'un grand nombre de composés non saturés avec les composés saturés correspondants, dépend du nombre d'atomes de carbone qui sont liés au système C = C. C'est un moyen de trouver optiquement la position d'une double liaison dans une molécule.

Dans les matériaux posthumes, on trouve d'ailleurs la confirmation que l'influence de la double liaison est très variable et qu'elle ne peut être représentée par un incrément constant. La complexité de cette influence n'est pas expliquée par l'hypothèse qu'elle dépendrait du nombre d'atomes de carbone liés au système C = C. L'influence considérable d'un système conjugué de liaisons doubles se prouve par de nombreux exemples.

On doit différencier aussi, plus qu'on ne l'a fait jusqu'ici, la valeur réfractométrique de O ; elle diffère considérablement pour les alcools primaires, secondaires et tertiaires, ou encore pour les phénols.

La dispersion, exprimée en pour cent de la valeur réfractométrique correspondant à la raie α, se montre assez constante quand il ne se trouve pas de double liaison dans la molécule ; de nombreux exemples confirment l'influence très grande et très variable des doubles liaisons.

Tout l'ensemble de l'œuvre d'Eykman montre surtout qu'il ne peut être question de réfractions atomiques constantes, même pour le carbone. Dans des cas simples, les lois d'additivité sont valables avec des constantes uniques ; mais, dans des cas complexes, elles ne s'appliquent pas plus aux corps organiques qu'aux corps inorganiques, comme je l'ai montré moi-même pour ces derniers corps. Pour employer alors ces lois, il faut donner à chaque atome des incréments optiques tenant compte des autres atomes, radicaux ou groupements qui lui sont liés et des modes de liaison. Sans cela, la délicatesse de la constitution de la molécule peut échapper, si l'on se contente de comparer simplement les réfractions ou dispersions moléculaires observées avec celles calculées par addition de modules optiques uniformes. La méthode d'interprétation qu'on tend donc à employer de plus en plus aujourd'hui ne diffère plus alors beaucoup de celle d'Eykman, basée sur la comparaison des données réfractométriques expérimentales de composés analogues, saturés ou non, qui permet ainsi de distinguer avec plus de finesse la structure intime de la molécule.

A ce point de vue, il ne me paraît pas possible que les chimistes, désireux de se servir de la réfractométrie pour étudier la constitution d'un corps organique, ignorent les travaux d'Eykman ; je leur en recommande une lecture approfondie qui, tout en les intéressant vivement, leur donnera, dans de nombreux cas, la meilleure marche à suivre.

C. Chénevrau,
Chargé de cours à la Faculté
des Sciences de Paris.

Molinari (Ettore), *Professeur de Chimie technologique au Polytechnicum royal de Milan.* — **Chimie générale et industrielle. Chimie inorganique.** *Tomes* I *et* II : **Introduction** (Historique, Lois chimiques, Nomenclature). **Métalloïdes.** *4e édition, revue et augmentée. Traduit de l'italien par* J. A. Montpellier. — 2 *vol. in-8° de* XII-486 *et* 272 *p. avec* 201 *fig.* (*Prix* : 64 *fr.*). *Dunod, éditeur, Paris,* 1920.

La *Revue* a déjà eu l'occasion de présenter à ses lecteurs l'édition originale italienne de cet ouvrage. Après avoir été traduit en anglais, voici qu'il l'est maintenant dans notre langue. Le succès de l'œuvre de M. Molinari tient à son caractère particulier. Ce n'est ni un traité de Chimie pure, ni un traité de Chimie industrielle ; c'est à la fois l'un et l'autre, l'exposé des lois fondamentales et des propriétés des corps étant toujours illustré et éclairé par les applications pratiques qui en ont été faites. L'auteur y a constamment en vue le souci d'initier le jeune chimiste à la gymnastique qui lui permettra de passer rapidement des considérations théoriques les plus abstraites aux procédés industriels les plus connus.

Les premières pages de l'ouvrage sont consacrées à

un résumé historique de la Chimie, destiné à rappeler quelques notions trop peu connues ou présentées souvent d'une façon incomplète ou erronée.

Une première partie, théorique, donne l'exposé des principales lois fondamentales de la Chimie. C'est un petit traité de Chimie physique, écrit évidemment pour des étudiants qui ont déjà une connaissance élémentaire de la Chimie, mais où l'auteur a cherché à faciliter le plus possible l'intelligence des lois qui seront appliquées ensuite.

La seconde partie, descriptive et systématique, est consacrée à l'étude des éléments chimiques et de leurs composés; les deux tomes parus contiennent ce qui est relatif aux métalloïdes; un troisième volume traitera des métaux. Dans cette partie, après la description des propriétés physiques et chimiques des éléments et de leurs composés, l'auteur a insisté sur les procédés industriels de préparation, en particulier ceux qui donnent lieu à de grandes industries, et ce lui a été une occasion de revenir sur les lois fondamentales : sur la loi des phases, dans le chapitre du soufre ; sur la loi des actions de masse, dans la fabrication catalytique de l'acide sulfurique, etc. D'autre part, il a indiqué le plus complètement possible les usages de chaque substance, et il a synthétisé leur importance, présente et passée, dans quelques données statistiques. Enfin, il a donné pour chaque composé le prix commercial, à titre d'orientation sur la valeur relative des différents produits chimiques.

L'ouvrage de M. Molinari, constamment amélioré et complété au cours de ses éditions successives, est donc susceptible de rendre de grands services pour la préparation des chimistes industriels, et il n'est pas douteux que sa traduction française ne rencontre le même succès que les éditions italienne et anglaise.

LOUIS BRUNET.

3° Sciences naturelles

Bulletin du Service géologique de l'Indo-Chine. Volume IV, Fascicule I : **Essai sur les flores tertiaires du Tonkin**, par Mlle M. COLANI. In-8, 1917, 142 p., 23 pl. — Volume V, Fascicule I : **Notes géologiques sur la partie Nord-Est du Tonkin** (*Feuilles de Thât-khé, Pho-binh-gia, Lang-son*), par J. GIRAUD. In-8, 1918, 66 p., 11 fig., 1 carte. — Fascicule II : **Descriptions de quelques fossiles paléozoïques de la région de Pho-binh-gia et de Thai-nguyên** (*Tonkin*), par H. MANSUY. In-8, 1918, 13 p., 2 pl. — Fascicule III : **Paludinidæ fossiles du bassin lacustre de Mong-Tseu** (*Yunnan*), par H. MANSUY. In-8, 1918, 7 p., 2 pl. — Volume VI, Fascicule I : **Sur quelques végétaux paléozoïques**, par Mlle M. COLANI. In-8, 1919, 21 p., 2 pl. — Fascicule II : **Sur quelques Araucarioxylon indochinois**, par Mlle M. COLANI. In-8, 1919, 20 p., 2 pl. — Fascicule III : **Sur un Dipterocarpoxylon annamense nov. sp. du Tertiaire supposé de l'Annam**, par Mlle M. COLANI. In-8, 1919, 10 p., 2 pl. — Fascicule IV : **Contribution à la géologie du Laos**, par le Ct DUSSAULT. In-8, 1919, 30 p., 8 fig., 1 carte en coul. (2 feuilles). — Fascicule VI : **Catalogue général par terrains et par localités des fossiles recueillis en Indo-Chine et au Yunnan**, *par les géologues du Service géologique et par les officiers du Service géographique, au cours des années 1903-1918. Revision paléontologique des déterminations déjà publiées dans les Mémoires et Bulletins du Service géologique de l'Indo-Chine*, par H. MANSUY. In-8, 1919, 226 p.

Mémoires du Service géologique de l'Indo-Chine. Volume V, Fascicule I : **Faunes cambriennes de l'Extrême-Orient méridional**, par H. MANSUY. In-4, 1916, 48 p., 7 pl. — Fascicule II : **Sur quelques Mammifères fossiles récemment découverts en Indo-Chine** (*Mémoire préliminaire*), par H. MANSUY. In-4, 1916, 27 p., 7 pl. — Fascicule IV : **Faunes paléozoïques du Tonkin septentrional; Nouvelle contribution à l'étude des faunes des calcaires à Productus de l'Indo-Chine; Étude complémentaire des faunes paléozoïques et triasiques dans l'Est du Tonkin** (*Feuilles de Thât-khé, Pho-binh-gia, Lang-son*), par H. MANSUY. In-4, 1916, 73 p., 8 pl. *Imprimerie d'Extrême-Orient, Hanoï.*

L'*Essai sur les flores tertiaires du Tonkin* de Mlle Colani fait voir que presque tous les types végétaux néogènes récoltés en Indo-Chine ont encore aujourd'hui des représentants dans la contrée ou dans les régions voisines. Il y a là, à coté d'ancêtres peu éloignés des genres vivants, des formes presque identiques aux espèces actuelles.

Les flores tertiaires du Tonkin ne présentent, d'ailleurs, pas de rapports avec celles du Yunnan. Celles de Yên-bay, Dong-giao, Cao-bang et Phan-luong seraient mio-pliocènes (?). Leurs analogies apparaîtraient surtout nettes avec celles du Miocène moyen d'Europe. Toutefois, en raison de la descente graduelle, au cours de l'ère tertiaire, des types végétaux des latitudes élevées vers les latitudes basses, la flore indo-chinoise serait un peu plus jeune que la flore européenne correspondante. Il se pourrait même qu'elle fût beaucoup plus jeune, en raison surtout de la présence de *Quercus* présentant des rapports avec les Chênes actuels des montagnes de l'Inde septentrionale et de la Chine méridionale.

Ces Chênes sembleraient, en effet, originaires de l'Himalaya. Ils auraient émigré vers Canton et vers Hongkong, lors d'une grande dépression thermique au Pliocène supérieur, en passant par le Tonkin, où ils se seraient établis au voisinage des lacs. Des Bouleaux et des Châtaigniers les auraient accompagnés et seraient venus comme eux se mélanger aux espèces tropicales indigènes.

Cet intéressant mémoire de Mlle Colani, qui renferme la description détaillée de nombreux restes végétaux, est illustrée de 33 belles planches en phototypie.

Dans ses *Notes géologiques sur la partie nord-est du Tonkin* (Feuilles de That-khé, Pho-bing-gia, Lang-son), M. J. Giraud étudie une région dont le sous-sol, formé de Silurien, de Dévonien, d'Ouralopermien et de Trias, est recouvert par une formation schisto-gréseuse affectant l'allure d'une masse charriée.

Le Silurien comprend des schistes à *Calymmene Douvillei* ordoviciens et des schistes à Graptolites gothlandiens. A la base du Dévonien, on trouve des schistes à *Spirifer aliformes* (*S. tonkinensis*), puis viennent les calcschiles de Yen-lac très fossilifères. Les calcaires ouralopermiens sont riches en Foraminifères. Le Trias inférieur discordant renferme des Ammonites (*Danubites*, etc.). Le Trias moyen aurait une faune à affinités *alpines*, d'après l'auteur, qui y indique cependant de nombreuses Myophories (!). Le Trias supérieur pourrait exister dans un gisement à *Ceratites*.

Des lacolites très développés de microgranulite et de rhyolite occupent de grandes étendues dans la région : ils sont post-triasiques et antétertiaires.

Des schistes métamorphisés passant à des gneiss et semblant dater du Trias inférieur auraient été charriés sur la série Silurien-Trias, après la mise en place des granites.

Les fossiles recueillis par M. J. Giraud ont été décrits par M. H. Mansuy dans une note accompagnée de 2 jolies planches.

Les *Paludinidæ* fossiles du bassin lacustre de Mongtseu (Yunnan), que M. H. Mansuy nous fait connaître, sont des *Vivipara* très polymorphes, se rapprochant étrangement des *Margarya* actuels et subfossiles propres au Yunnan. Ces Gastropodes auraient évolué en Extrême-Orient dans les mêmes conditions biologiques que les *Tylotoma* du Néogène pannonique. Les différences entre les formes extrêmes d'une même série sont aussi grandes dans une région que dans l'autre.

L'évolution locale du type *Margarya* conduirait donc

de formes lisses à des formes carénées et tuberculeuses, et les *Tyloma* ne sauraient par suite être considérés comme leurs ancêtres. Ces deux genres se seraient développés parallèlement.

Indépendamment de *Margarya*, les lacs actuels du Yunnan et du Kiang-si renferment des *Fossaridæ*. Cette famille de Gastropodes marins est aussi représentée par des espèces très semblables, d'une part, dans les lacs actuels de la Chine méridionale, d'autre part, dans le Levantin européen.

La coexistence de Mollusques d'eau douce à test épais étroitement apparentés à des types marins littoraux et de *Paludinidæ* à coquille relativement mince prouve que la teneur élevée en sels de chaux des lacs de la Chine du Sud ne saurait à elle seule rendre compte de l'extrême spécialisation des Gastropodes qui y ont trouvé asile. M. Mansuy pense que l'isolement géographique et les conditions biologiques générales ont dû aussi intervenir.

Mlle Colani a fait connaître quelques végétaux dévoniens du Yunnan, des Lépidodendrées probablement du genre *Stigmaria* et des Calamodendrées.

Elle a décrit en même temps des Algues paléozoïques du Haut-Tonkin, *Bythotrephis*, *Haliserites*, etc.

Le même auteur a reconnu dans le Rhétien du Tonkin, de l'Annam et du Laos des Gymnospermes du groupe des *Araucarioxylon*, appartenant vraisemblablement à la famille des Araucariées, aujourd'hui propre à l'hémisphère sud. Les bois de ces végétaux montrent la trace de parasites, pouvant être des Ascomycètes et des Bactériacées.

Enfin une Dicotylédone du Tertiaire d'Annam, *Dipterocarpoxylon annamense*, rappelle un végétal du même genre trouvé en Birmanie.

La grande activité scientifique dont fait preuve en Indo-Chine Mlle Colani permet ainsi au Service géologique de notre grande colonie de faire progresser fort heureusement la connaissance des flores de l'Extrême-Orient.

La mission que le Ct L. Dussault a dirigée au Laos lui a permis de dresser une esquisse géologique fort intéressante au 400.000e de la région Kham-Mone, Xieng-Khouang, Luang-Prabang, Vientiane. Le texte qui accompagne cet essai cartographique fait connaître brièvement les caractères des principaux terrains : rhyolites, andésites, schistes cristallins, Dévonien, Dinantien très fossilifère, Moscovien, Ouralien et Permien à Fusulines, grès, argiles et calcaires triasiques et liasiques.

M. H. Mansuy a dressé le Catalogue complet des fossiles de l'Indo-Chine et du Yunnan. L'établissement de ces listes paléontologiques était devenu indispensable : un certain nombre d'espèces signalées dans les Mémoires du Service géologique viennent, en effet, d'être reconnues comme de provenance étrangère à l'Extrême-Orient (p. 8, n. 1). Espérons qu'il ne reste plus dans l'énumération épurée grâce au travail critique de M. H. Mansuy que des formes trouvées indiscutablement dans nos possessions ou zones d'influence d'Asie.

Voici quel serait le nombre d'espèces fossiles reconnues par les collaborateurs du Service, tant en Indo-Chine qu'au Yunnan dans les différents terrains :

Cambrien : 8 espèces. — Ordovicien : 6 espèces. — Gothlandien : 82 espèces. — Dévonien : 184 espèces. — Anthracolithique : 401 espèces. — Trias : 157 espèces. — Jurassique : 53 espèces. — Néogène : 22 espèces.

Cette simple énumération suffit à montrer l'effort très méritoire fourni par la plupart des géologues français au Tonkin et dans les contrées voisines soumises à notre influence. Grâce à eux, la faune paléozoïque du Sud-Est asiatique est aujourd'hui l'une des plus riches et des mieux connues du globe.

Le mémoire de M. H. Mansuy sur les faunes du Cambrien moyen et supérieur du Haut-Tonkin et des parties limitrophes du Yunnan sud-oriental mentionne 4 genres de Trilobites communs à l'Indo-Chine et à la Chine du Sud et du Nord et 1 genre nouveau à affinités nettement américaines ; tous les autres se retrouvent dans l'Amérique septentrionale et dans l'Europe occidentale.

La série des assises du Cambrien moyen et supérieur du Haut-Tonkin, du Yunnan et du Kouang-si, d'une part, de la Chine septentrionale et de la Mandchourie, d'autre part, présente une succession de faunes synchroniques très semblables.

Le Cambrien de Spiti, dans l'Himalaya central, présente des différences avec le Cambrien chinois suffisantes pour justifier leur attribution à des provinces zoologiques distinctes. Par contre, ses affinités avec les faunes du même âge de l'Amérique nord-occidentale, c'est-à-dire avec les faunes de la sous-province des Montagnes Rocheuses dans la province pacifique, sont bien marquées. La faune de Spiti est aussi entièrement différente des faunes de l'Europe septentrionale et méridionale et se sépare tout aussi nettement des faunes atlantiques de l'Amérique du Nord.

Aucun courant de migrations n'a donc existé entre les mers de la province atlantique et celles de la province du Pendjab au Cambrien. Des relations fauniques paraissent, au contraire, s'être établies entre le Cambrien de l'Himalaya et celui de la province pacifique, plus spécialement de la sous-province de l'Amérique nord-occidentale.

Les faunes cambriennes de la Chine, de la Mandchourie et de l'Indo-Chine constitueraient une sous-province de la grande province pacifique, une sous-province extrême-orientale.

Ce seraient par la région sibérienne que des courants de migration auraient relié les faunes des mers de l'aire pacifique à celles des mers de l'aire atlantique.

Les provinces zoologiques cambriennes, conclut M. H. Mansuy, sont plus nettement individualisées que celles de toutes les périodes paléozoïques post-cambriennes, car les faunes primaires sont de moins en moins localisées au fur et à mesure que l'on s'élève dans la série géologique.

La faune de Mammifères décrite par M. H. Mansuy des grottes de Lang-son compte une quinzaine d'espèces.

L'*Aceratherium Blanfordi hipparionum* est une forme du Pontien de Chine et de Perse. Le type, d'après M. Pilgrim, qui en fait un *Teleoceras*, se trouve dans l'Aquitanien supérieur du Béloutchistan ; des variétés plus évoluées le représentent dans le Burdigalien et le Sarmatien de l'Inde. Le *Sus* aff. *cristatus* ne diffère guère du Sanglier à crinière actuel du Tonkin, dont une race aurait déjà été rencontrée dans les grottes de Madras. D'autres types se rapprochent des formes du Trinil (Java), *Sus* aff. *brachygnathus*, *Bibos* aff. *palæosondaicus*, *Buffelus* aff. *sondaicus*. Le *Stegodon insignis* (= ? *S. ganesa*) avait été déjà signalé du Pliocène supérieur et du Pléistocène de l'Inde. Le *S. Cliftii* (= ? *S. bombifrons*) était déjà connu du Pontien et du Pliocène inférieur de la même contrée. Enfin l'*Elephas* aff. *namadicus* confinerait à l'espèce du Pléistocène de la Narbadah.

M. H. Mansuy conclut à l'attribution de la faune de Lang-son au Néogène supérieur peut-être le plus récent. D'après M. Pilgrim, la coexistence de *Stegodon* et d'*Elephas* s'observerait dans l'Inde à partir du Pliocène moyen : elle y existait encore à l'époque des alluvions de la Narbadah.

Les affinités d'un des Suidés de Lang-son avec un type actuel, celles de l'autre Suidé, du Bœuf et du Buffle avec des espèces du Trinil, celles enfin de l'Eléphant avec la forme de la Narbadah sont favorables à l'hypothèse de l'âge le plus récent compatible avec la présence des *Stegodon*. Mais l'*Acerotherium* vieillit quelque peu la faune de Lang-son. *S'il n'y a pas eu dans ces grottes mélange d'espèces pliocènes et d'espèces quaternaires*, je crois qu'il conviendrait d'attribuer les Mammifères de Lang-son au *Postpliocène* (Saint-Prestien-Cromerien).

L'extension de la faune à Stégodontes au Japon et à

Java prouve son antériorité à l'époque de séparation de ces îles et du continent asiatique. La migration aurait eu lieu en même temps que celle de la flore de l'Himalaya, qui, par l'Indo-Chine, a gagné la Chine méridionale et la Malaisie, comme l'a montré Mlle Colani; ce déplacement de milieux biologiques aurait été déterminé par un refroidissement consécutif à une période glaciaire.

Dans son mémoire sur *Les faunes paléozoïques du Tonkin septentrional*, M. H. Mansuy décrit un faune très variée, où prédominent les Brachiopodes, de la région de Dong-quan. Cette faune est considérée par l'auteur comme étant incontestablement d'âge dévonien: elle présente des analogies avec celle de l'Eifélien de l'Eifel et des Ardennes et avec le Dévonien moyen des Etats-Unis et confirmerait l'homogénéité universelle des milieux biologiques dévoniens dans leurs traits généraux.

Ces données paléontologiques contredisent la manière de voir exprimée à la suite des observations sur le terrain, qui tendaient à faire des sédiments renfermant ces fossiles de l'Ordovicien et du Gothlandien.

Les Brachiopodes des calcaires ouralo-permiens de la région de Dong-quan sont identiques à ceux de Muong-thé (feuille de Van-yên, Tonkin) et de Kam-kent (province du Khammon, Laos). Ces faunes sont étroitement apparentées à celles de l'Ouralo-Permien des monts Oural et du Timan: 60 % des espèces sont communes à la Russie et à l'Indo-Chine.

Enfin un dernier mémoire de M. H. Mansuy donne une étude comparative des faunes du Paléozoïque (Gothlandien) et du Trias de l'Est du Tonkin (feuilles de Thât-khé, Pho-binh-gia, Lang-son).

L'ensemble de ces récentes publications, et en particulier les travaux de M. H. Mansuy, témoignent du grand labeur des géologues du Service de l'Indo-Chine. Si malheureusement quelques mémoires d'un ancien collaborateur sont inutilisables pour dresser une esquisse d'ensemble de la constitution du sous-sol de la colonie, du moins tous les autres apportent-ils une fort importante contribution à nos connaissances sur l'Extrême-Orient. M.H. Mansuy nous fait, d'ailleurs, prévoir la prochaine apparition d'une synthèse géologique de l'Indo-Chine, qui est attendue avec un vif intérêt dans les milieux scientifiques français.

L. Joleaud,
Maître de conférences à la Faculté des Sciences de Paris.

Yung (Emile), *Correspondant de l'Institut de France.* — **Traité de Zoologie des Animaux Invertébrés** (Achordata). — 1 *vol. in*-8° *de* 487 *p. avec* 460 *fig.* (*Prix* : 25 *fr.*). *Edition Atar, Corraterie*, 12, *Genève, et* 26, *rue Saint-Dominique, Paris*, 1920.

Pendant une période de vingt et quelques années, Emile Yung a occupé la chaire de Zoologie et d'Anatomie comparée à l'Université de Genève ; aussi avait-il acquis une profonde expérience de l'enseignement de ces branches et possédait-il un sens exact de la mentalité et des besoins des étudiants. Pour le plus grand bénéfice de ceux-ci, il avait conçu le projet d'écrire un ouvrage didactique de Zoologie, qui viendrait occuper la place vide entre les manuels par trop élémentaires et les grands traités destinés, non pas aux étudiants, mais aux professionnels de la Biologie. La première partie de cet ouvrage était presque entièrement imprimée, quand la mort prématurée de l'auteur est venue en interrompre la publication. Nous avions été dès l'abord chargés de mener à chef cette œuvre; nous aurions assurément accepté cette mission qui nous aurait permis de rendre encore un hommage à la mémoire du regretté professeur Yung, si la nouvelle répartition de l'enseignement de la Zoologie à Genève ne nous avait engagé à laisser au Professeur Guyénot le soin et l'honneur de terminer ce livre dont la matière se rattache plus directement au programme de son enseignement. Le dernier chapitre, consacré à l'embranchement des Mollusques, est donc dû à la plume du Professeur Guyénot, qui a su conserver à l'ouvrage une unité et un équilibre parfaits.

Après un chapitre sur le protoplasma et la cellule, l'auteur étudie les Protozoaires, puis donne quelques généralités sur les Métazoaires : les produits sexuels, la fécondation, les premiers stades du développement et les divers modes de reproduction ; les cinq derniers chapitres sont affectés chacun à l'étude d'un embranchement, jusqu'aux Prochordés non compris. On le voit, il s'agit donc essentiellement d'un traité de zoologie; cependant une large place est laissée à l'anatomie, à la physiologie et même à quelques questions de biologie, telles que l'autotomie, la reviviscence, le plancton, le déterminisme du sexe et d'autres, que le lecteur trouve sous forme de parenthèses ou de notes. Quelques points de parasitologie sont également traités avec quelque ampleur. Les problèmes de la phylogénie, qui auraient nécessité des développements hors de proportion avec le cadre de l'ouvrage, ont été laissés de côté ; en revanche, par quelques données paléontologiques rattachées aux différents embranchements, l'auteur a montré le lien qui existe entre la faune actuelle et celles des périodes géologiques antérieures à la nôtre. La question si complexe de l'origine des espèces et les multiples problèmes qui convergent vers celle-ci ont été également passés sous silence, ce qui est certainement préférable à un exposé trop simplifié ou trop schématique. L'auteur a probablement estimé aussi que dans ce domaine-là il n'y a, somme toute, pas beaucoup d'acquisitions définitives et que l'interprétation des faits est peut-être un peu soumise aux caprices de la mode.

Ce traité de Zoologie se distingue de beaucoup d'œuvres similaires par son illustration, qui est abondante et originale ; on n'y rencontre guère de ces clichés qui traînent depuis plus d'un demi-siècle dans nombre d'ouvrages didactiques ; beaucoup de figures ont été exécutées spécialement pour l'ouvrage et d'autres ont été empruntées à des mémoires originaux, récents pour la plupart.

Au début de ces lignes, nous constations que le livre de Yung avait été écrit pour les étudiants, mais il convient d'ajouter qu'il est assez substantiel et précis pour que les professionnels eux-mêmes y trouvent une source abondante de renseignements, et d'une façon générale on peut dire que, sous une forme fidèle et élégante, il représente dans ses grands traits le tableau de l'état actuel de nos connaissances dans la zoologie des Invertébrés.

Emile André,
Professeur à l'Université de Genève.

4° Sciences médicales

Le Gendre (F.) et **Ribadeau-Dumas** (H.). — **Déontologie et Jurisprudence médicales.** *Volume* I *du* **Traité de Pathologie médicale et Thérapeutique appliquée**, *publié sous la direction de* MM. Sergent, Ribadeau-Dumas et Babonneix. — 1 *vol. in*-8° *de* 705 *p.* (*Prix* : 30 *fr.*). *A. Maloine et fils, éditeurs*, 27, *rue de l'Ecole de Médecine, Paris*, 1920.

Après s'être longtemps contenté de donner aux étudiants en médecine l'*instruction* professionnelle, le corps enseignant s'aperçoit maintenant qu'il est tout aussi indispensable de leur donner une *éducation* professionnelle très complète, très soignée; faute de cette préparation appropriée à leurs fonctions, les jeunes médecins risquent fort d'être entièrement désemparés lorsqu'ils seront aux prises avec les difficultés chaque jour plus nombreuses et plus précises de la *vie médicale*.

Les médecins qui pendant une longue carrière se sont toujours tenus au contact des étudiants, qui ont écouté leurs questions et reçu parfois leurs doléances, savent combien un guide médical technique leur serait utile. Le Dr Le Gendre, qui pendant longtemps a fait aux étudiants de son service des conférences très suivies sur

ces questions d'un' si haut intérêt, a retracé dans un volume toutes les règles de la Déontologie médicale. Dans ce livre, les notions morales les plus élevées du Devoir médical se joignent aux conseils les plus pratiques sur les règles de la conduite à tenir, aussi bien pour les étudiants que pour les praticiens déjà installés.

Une première partie de cet ouvrage traite des études médicales, de leur organisation actuelle, des améliorations de toutes sortes qu'on souhaiterait d'y voir introduire. Les *étudiants* y puiseront de très utiles renseignements sur la façon de profiter, dans les meilleures conditions possibles, des ressources hospitalières et des moyens de travail mis à leur disposition. Il y a même, là, matière à réflexion utile pour tous ceux qui distribuent cet enseignement, et qui prennent à tâche de l'améliorer sans cesse.

La seconde partie est faite de renseignements destinés surtout au *praticien* qui vient de s'établir et qui pourra se documenter sur les solutions à intervenir dans les mille difficultés qu'il rencontre et qui proviennent soit de ses malades, soit quelquefois de la prise de contact avec ses confrères. La psychologie du malade, le doigté nécessaire à l'égard de celui-ci, sont très finement analysés et décrits.

Une troisième partie traite des *rapports du médecin avec les collectivités :* questions d'Etat Civil, expertises devant les tribunaux, déclarations relatives à l'hygiène et aux épidémies. Les diverses associations de prévoyance ou de défense professionnelle sont mentionnées avec indication de leurs avantages et leurs inconvénients.

Sous la signature de M. Ribadeau-Dumas, l'ouvrage se termine par une énumération très complète des divers textes législatifs dont le médecin a besoin, texte suivi d'un commentaire explicatif.

En somme, ouvrage très documenté, fort intéressant et bien présenté sur ces questions capitales qui deviendront, il faut le souhaiter, l'objet d'un enseignement distinct dans les Facultés de Médecine de demain.

Dr P. Chavigny,
Professeur de Médecine légale à la Faculté de Médecine de Strasbourg.

5° Sciences diverses

Willotte (H.), *Inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées.* — **La Science et l'Industrie françaises en 1918-1920.** Ce qu'elles nous ont donné. Ce qu'elles nous promettent. 1re *année.* — 1 *vol. in*-18 *de* 376 *p. avec fig.* (*Prix* : 8 *fr.*). *G. Doin, éditeur, Paris,* 1920.

Dans ce volume, M. Willotte nous semble vouloir reprendre une tentative poursuivie autrefois pendant de longues années par Figuier, avec son *Année scientifique et industrielle.* Son ouvrage est divisée en cinq parties.

Dans « La mer et son utilisation », il expose successivement les progrès de la navigation transatlantique, l'organisation de la pêche maritime au large, et l'utilisation des ports maritimes de commerce pendant et après la guerre.

« La houille blanche » lui fournit l'occasion d'évaluer les forces hydrauliques disponibles en France, de décrire les moyens par lesquels on les met en valeur et l'utilisation qu'en ont déjà faite certaines industries.

Dans « Les chemins de fer », l'auteur retrace le rôle de ces moyens de communication pendant la guerre et les perfectionnements apportés à leur exploitation.

Sous le titre « L'Alsace-Lorraine, la Sarre », il décrit les richesses minières et industrielles de ces territoires et les apports qu'elles pourront fournir à la France.

Enfin, dans la dernière partie, M. Willotte résume les conclusions de quelques grandes conférences récentes sur des sujets divers : tuberculose osseuse et cure de soleil, béton et ciment armé, aviation, etc.

Comme on le voit, le côté scientifique pur n'occupe que fort peu de place dans cet ouvrage, et parmi les applications de la science à l'industrie le choix de l'auteur s'est surtout porté sur les questions qui, par ses occupations antérieures, lui étaient sans doute le plus familières. Mais, malgré son contenu un peu restreint par rapport à son titre, on n'en lira pas moins avec intérêt les chapitres, très alertement écrits, qu'il renferme, en souhaitant que ses successeurs viennent le compléter progressivement dans la suite. L. B.

Petitet (Aimé). — **Organisation rationnelle d'une usine travaillant en série et montages d'ateliers.** — 1 *vol. in*-4° *de* 180 *p. avec* 227 *fig. et* 5 *pl.* (*Prix* : 25 *fr.* 50). *Dunod, éditeur, Paris,* 1920.

Humery (R.) et **Joulot** (A.), *Ingénieurs civils des Mines.* — **La question du juste salaire. Précis d'application pratique du salaire à prime Rowan à toutes les industries.** — 1 *vol. in*-8° *de* 160 *p.* (*Prix* : 5 *fr.*). *Payot et Cie, éditeurs,* 106, *boulevard Saint-Germain, Paris,* 1920.

Cambon (Victor), *Ingénieur des Arts et Manufactures.* — **L'Industrie organisée d'après les méthodes américaines.** — 1 *vol. in*-8° *de* 268 *p. avec* 24 *grav. hors texte* (*Prix* : 16 *fr.*). *Payot et Cie, éditeurs, Paris,* 1920.

L'administration des entreprises est devenue le sujet à la mode : les devantures des libraires en sont garnies et les éditeurs y trouvent leur compte. Mais le lecteur est parfois déçu ; les titres prometteurs ne couvrent pas toujours pâture substantifique et même on voit des livres de technique pure se « plaquer » quelques pages de citations empruntées à la littérature taylorienne pour se présenter au public sous les épithètes en vogue.

L'ouvrage de M. Petitet : *Organisation rationnelle d'une usine travaillant en série et montages d'atelier* est une excellente et minutieuse description de la fabrication en série des obus de 75 m/m, telle qu'on la pratiquait à l'usine Delage. — Ce n'est pas un ouvrage d'administration industrielle.

Mais voici un tout petit livre de MM. Humery et Joulot qui ne fait pas regretter son titre : *Précis d'application pratique du Salaire à prime Rowan.* Point de dissertation : des formules précises, des faits, des chiffres.

Deux praticiens ont débroussaillé le problème du salaire pour réaliser dans leur entreprise la modalité de meilleur rendement. Formés à la discipline mathématique, ils se sont fait une théorie algébrique et graphique du système de Rowan très précise et partant très claire ; ils ont su mettre en œuvre les abaques et calculer des barèmes commodes. Administrateurs professionnels, ils ont repéré les embûches de la mise en pratique et compris qu'il convient de différemment opérer selon le milieu psychologique à manier. Il faut introduire dans le calcul de tout autres données suivant qu'on installe un atelier neuf ou qu'on amende un chantier ancien en activité.

Enfin, un livre d'envergure : *L'industrie organisée d'après les méthodes américaines,* par Victor Cambon, nous apporte des leçons professées à l'Ecole Centrale (sur l'initiative et grâce à la générosité de MM. Michelin), par l'ardent publiciste qui s'est donné pour tâche d'initier le public français aux heureuses réalisations de l'étranger.

Après quelques considérations générales sur l'art d'administrer, M. Victor Cambon résume ce que l'on sait de la physiologie du travail et préconise le chronométrage. Puis « une usine moderne représentant le plus haut degré de perfection que l'on puisse actuellement réaliser » nous est présentée : c'est la firme Berliet, le grand constructeur d'automobiles de Lyon, bâtie sur le modèle américain le plus authentique. Les règlements mêmes de l'usine mettent en saisissant relief la conception taylorienne, dont une mise au point définitive a été tentée.

Suivrons-nous M. Victor Cambon dans son enthousiasme sans réserve? Pas tout de suite, assurément. En matière d'Administration industrielle, le temps seul est bon juge et il faut savoir attendre qu'il ait parlé.

Paul Vanuxem.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 22 Novembre 1920

Une Commission spéciale présente la liste suivante de candidats à la place d'Académicien libre, vacante par suite du décès de M. Ad. Carnot : 1° M. Eug. Simon ; 2° MM. M. de Broglie, M. d'Ocagne, J. Renaud, A. Robin, P. Séjourné. L'Académie joint à cette liste les noms de MM. J.-L. Breton et A. Desgrez.

1° Sciences mathématiques. — M. **Ed. Imbeaux** : *Nouveaux systèmes de halage électrique sur les canaux.* L'auteur examine les systèmes en présence : touage, système des tracteurs des canaux du Nord, halage funiculaire, système de la Société Otis-Pifre, système Chêneau. La solution du problème n'est ni simple, ni unique, mais doit probablement se modifier suivant les difficultés rencontrées sur chaque voie ou partie de voie navigable. Les nouveaux systèmes proposés paraissent apporter des avantages techniques et économiques considérables (du moins pour les canaux de l'Est de la France) et méritent qu'on leur fasse subir un essai pratique sur des longueurs suffisantes de canaux en service. — M. **W. Margoulis** : *Nouvelle méthode d'essai de modèles en soufflerie aérodynamiques.* L'auteur montre qu'on peut, avec une dépense restreinte d'installation et d'entretien, établir des soufflerie réalisant avec des modèles réduits des valeurs du nombre de Reynolds et du rapport de la vitesse à la vitesse du son supérieures à celles atteintes par les appareils en grandeur. Il suffit à cet effet d'employer un gaz autre que l'air, notamment l'acide carbonique, à des pressions et températures convenables et généralement très différentes de celles de l'air ambiant.

2° Sciences physiques. — M. **M. Brillouin** : *Actions à hérédité discontinue et raies spectrales.* L'auteur admet que des actions inconnues, dont on constate la nécessité pour la construction de l'atome, se propagent dans l'étroit domaine atomique avec une célérité variable, de manière à reproduire au delà du domaine atomique les actions électromagnétiques classiques. On peut supposer que la célérité est une fonction déterminée de la distance au centre du noyau, indépendante de l'électron mobile. Dans ce cas, la constante de Balmer et l'ordre de grandeur du rayon de la circonférence décrite par l'électron permettent de fixer à environ 1/100 à 1/1000e de la vitesse de la lumière la célérité nécessaire des actions hypothétiques pour l'extérieur de l'atome, jusqu'à 1/10 ou davantage en approchant du centre. — M. **A.-Th. Schloesing** : *Sur la séparation de deux sels ayant un ion commun.* La méthode de l'auteur repose sur la détermination préalable de 4 courbes : C_1 et C_2 dont les ordonnées représentent respectivement les poids de chacun des sels dissous dans 1 kg de solution saturée à la fois des deux sels, à différentes températures portées en abscisses, C_3 indiquant le poids d'eau dans 1 kg de solution saturée des deux sels à chaque température, et C_4 représentant à chaque température le rapport R de l'ordonnée de C_1 à l'ordonnée de C_2. Muni de ces renseignements, en partant d'une solution contenant une quantité déterminée des deux sels, on peut toujours, par le jeu des températures et des quantités d'eau éliminée ou ajoutée, faire cristalliser successivement les deux sels. — MM. **C. Matignon** et **M. Fréjacques** : *Sur la transformation de l'ammoniac en urée.* Au point de vue de l'emploi comme engrais, il y a intérêt à transformer l'ammoniac en urée, qui renferme plus d'azote sous le même poids et qui est aussi assimilable par les plantes. Les auteurs ont étudié la transformation du carbonate d'ammonium en urée et ont déterminé les pressions d'équilibre du système formé à partir du carbamate introduit dans un espace clos d'un volume tel que la portion occupée par la phase gazeuse est aussi petite que possible. — M. **W. Mestrezat** et Mlle **M. Paul-Janet** : *Sur l'évaluation comparée de l'azote total de l'urine par les méthodes de Dumas et Kjeldahl.* Les auteurs ont constaté, dans certaines analyses d'urine, un défaut de concordance des résultats fournis par les méthodes de Dumas et de Kjeldahl, ce qui montre l'existence dans l'urine de produits azotés que ne dose pas la seconde, habituellement employée. Il est donc nécessaire, malgré les difficultés matérielles plus grandes que présente le dosage de l'azote par la voie sèche, de n'user que des chiffres fournis par la méthode de Dumas dans l'étude des rapports urologiques ou l'établissement exact de bilans azotés à l'état pathologique.

3° Sciences naturelles. — MM. **A. Muguet** et **J. Seroin** : *Sur l'âge des autunites du Portugal.* La détermination du rapport Ra/Ur des autunites du Portugal montre qu'elles ne renferment actuellement que la moitié environ du radium en équilibre avec la quantité d'uranium qu'elles contiennent. Ces autunites seraient donc de formation relativement récente, et auraient un âge de 1.000 à 3.000 ans au maximum. — M. **A. Rolland** : *Sur l'existence de formes de terrain appelées rideaux dans le Cantal.* Pour M. Gentil, la présence de rideaux n'est pas particulière aux pays crayeux et doit se présenter toutes les fois qu'un substratum assez résistant possède un revêtement argileux sous un climat suffisamment humide. L'auteur a retrouvé des rideaux à la surface des plateaux basaltiques du Cantal, ce qui prouve bien la généralité de ce phénomène et de sa genèse. — M. **Aug. Chevalier** : *Sur les variations de bourgeons des arbres et arbustes cultivés comme cause de décadence des variétés anciennes.* L'auteur montre que la variation de bourgeon est une cause de décadence des variétés améliorées multipliées depuis longtemps par voie asexuelle : division de souche, marcottage, bouturage, greffage. Ces variations apparaissent ordinairement à la suite d'accidents, ou par manque de soins, ou après le transport de l'individu loin de son pays d'origine ; elles se montrent aussi fréquemment sur les très vieux individus. Il apparaît nécessaire de chercher à régénérer les variétés anciennement cultivées en essayant de les reproduire par autofécondation et semis. — M. **Pierre Dangeard** : *Sur la métachromatine et les composés tanniques des vacuoles.* Les formes jeunes du vacuome renferment de la métachromatine à laquelle est due leur coloration vitale. Elles ont l'aspect d'un chondriome, mais s'en distinguent nettement par leur évolution ; pendant toute la durée de leurs transformations, elles appartiennent à une même formation qui est le système vacuolaire. L'imprégnation par le tanin n'est qu'une étape importante de ces modifications. — M. **G. Bohn** et Mme **A. Drzewina** : *Variations de la sensibilité à l'eau douce des* Convoluta, *suivant les états physiologiques et le nombre des animaux en expérience.* Les *Convoluta*, après addition d'eau douce à l'eau où elles vivent, subissent une crise plus ou moins accentuée, dont le phototropisme avec ses oscillations est en quelque sorte le révélateur ; suivant les cas, elles peuvent la franchir sans trop de dommages, ou bien subir des atteintes graves. Les *Convoluta* se sont montrées particulièrement résistantes aussitôt après les grandes marées, et au contraire très sensibles avant. Enfin, les individus isolés sont infiniment plus sensibles que les individus groupés. — MM. **L. Joubin** et **Ed. Le Danois** : *Remarques biologiques sur la thermométrie des eaux atlantiques au large d'Ouessant, pendant l'été 1920.* La colonne liquide isotherme de la fosse d'Ouessant est le centre d'un système de nappes d'eau concentriques de

température et de profondeur variables. L'une d'elles est un courant froid à + 10°,8 qui entoure la fosse, du côté du large entre 60 m. et le fond à une distance de 20 à 30 milles. Cette nappe d'eau produit un refroidissement sensible des couches d'eau supérieures jusqu'à la surface. Il est intéressant de rapprocher de ces conditions thermiques la pénurie de sardines qui a marqué le début de la saison ; on sait, en effet, que la température préférée des sardines varie entre 13° et 14°. — M. Ch. Lebailly : *Conservation ou disparition de la virulence du lait aphteux au cours des manipulations qui suivent la traite.* Dans les petites fermes où la pratique de l'écrémage mécanique n'est pas introduite, les jeunes animaux nourris avec un lait qui avait subi un début de fermentation lactique sont presque tous demeurés indemnes pendant le passage de l'épidémie, ou ont résisté à une atteinte bénigne. La centralisation du lait par les grandes laiteries, suivie de la répartition du petit-lait, a eu un résultat inverse : la dissémination rapide de la fièvre aphteuse.

Séance du 29 Novembre 1920

M. J.-L. Breton est élu Académicien libre, en remplacement de M. Ad. Carnot, décédé.

1° Sciences mathématiques. — M. R. Birkeland : *Résolution de l'équatation générale du 5e degré.* L'auteur montre que l'équation générale du 5e degré est complètement résolue d'une manière simple par certaines fonctions hypergéométriques supérieures.

2° Sciences physiques. — M. G. Reboul : *Sur une nouvelle propriété des corps faiblement conducteurs de l'électricité.* En disposant dans une chambre noire une plaque photographique enveloppée de papier noir, de telle façon que deux points de l'enveloppe soient en contact avec des conducteurs entre lesquels il y a une différence de potentiel de 1.000 volts, la plaque est fortement impressionnée. On peut répéter cette expérience en remplaçant le papier noir par tout autre corps faiblement conducteur et hétérogène ou présentant des discontinuités superficielles — M. St. Procopiu : *Sur le dichroïsme électrique des fumées et le dichroïsme des réseaux de diffraction.* L'auteur communique une série d'expériences tendant à montrer que le dichroïsme électrique des fumées se rattache à la diffraction des particules. — M. H. Le Chatelier : *La loi des phases.* L'auteur réfute un certain nombre de critiques récemment élevées contre la loi des phases ; toutes les difficultés d'application de la loi proviennent d'erreurs sur la détermination de l'une ou de l'autre des grandeurs intervenant dans la formule. — M. Ch.-Ed. Guillaume : *Cause de l'instabilité des aciers au nickel ; son élimination.* Les déformations passagères ou progressives des aciers au nickel sont dues à la présence du carbone et à la lente transformation de la cémentite Fe^3C. On y remédie en carburant faiblement l'invar et en ajoutant à l'alliage un constituant métallique tel que Cr ayant pour le carbone une affinité supérieure à celle du fer et l'empêchant de se combiner avec ce dernier. La dilatabilité des alliages à peu près stables reste faible. — M. S. Posternak : *Sur la constitution des paramolybdates.* L'auteur réfute la conception de Rosenheim, qui fait dériver les paramolybdates d'un acide aqueux hypothétique $H^{10}(H^2O)^6$, et montre que le paramolybdate d'ammonium répond à la formule : $(NH^4O)^3MoO(O.MoO^2)^5O.MoO(NH^4O)^3 + 4H^2O$. — M. Ch. Dufraisse : *Sur le soi-disant dibenzoylméthane vrai de Wislicenus.* Le groupement benzoyle $C^6H^5.CO$ influence comme le carboxyle CO^2H la fixation ou l'élimination des acides halohydriques. Le bromhydrate de benzoylphénylacétylène répond au schéma $C^6H^5.CBr:CH.CO.C^6H^5$. La benzalacétophénone bromée de Wislicenus répond au schéma $C^6H^5CH:CBr.CO.C^6H^5$. Le composé dérivé du précédent par saponification sodique n'est pas le dibenzoylméthane vrai. — M. Ph. Landrieu : *Recherches sur les sels acides et polyacides des acides monobasiques.* L'auteur a préparé à l'état solide et cristallisé les dibenzoates monopotassique et monolithique, de formule $C^6H^5COOK(Li).C^6H^5COOH$.

3° Sciences naturelles. — M. E. Passemard : *Sur la persistance du* Rhinoceros Mercki *dans un gisement moustérien supérieur des Basses-Pyrénées.* Des observations faites sur le gisement d'Olha, près Cambo, l'auteur conclut que, même en France et dans un domaine qui resterait à préciser, une industrie moustérienne peut ne pas être accompagnée du *Rhinoceros tichorhinus*, et aussi que le *Rh. Mercki* rencontré avec des coups de poing ne nous reporte pas forcément dans les périodes prémoustériennes. — M. A. Guilliermond : *Nouvelles recherches sur l'appareil vacuolaire dans les végétaux.* Le système vacuolaire, dans les cellules embryonnaires des végétaux supérieurs, présente le plus souvent des formes rappelant les mitochondries. Les méthodes mitochondriales ne les conservent qu'imparfaitement et ne les colorent que rarement. Ces formes pseudo-mitochondriales n'offrent pas les caractères histochimiques des mitochondries et doivent être définitivement séparées du chondriome. C'est donc à tort qu'elles ont été assimilées par M. Dangeard au chondriome de la cellule animale. Elles correspondent très probablement aux formations connues sous le nom de canalicules de Holmgren. — M. L. Daniel : *Recherches sur la greffe des* Solanum. L'auteur a planté les tubercules aériens récoltés sur les tiges de pomme de terre greffée sur d'autres Solanées. Ceux-ci ont tous donné des plantes feuillées, dont quelques-unes forment à la fois des tubercules aériens et souterrains. Ces plantes n'ont pas été attaquées par le *Phytophtora infestans.* — M. A. Pézard : *Castration intrapubérale chez les coqs et généralisation de la loi parabolique de régression.* Aussi bien que la castration postpubérale, la castration intrapubérale chez les coqs est suivie d'une régression de la crête et entraîne la disparition de l'instinct sexuel et de l'ardeur combative. La durée θ de la régression augmente avec l'âge. L'accélération négative c de la régression diminue avec l'âge. Le produit $c\theta$ est à peu près constant et égal à 8. — MM. F. Vlès et J. Bathelier : *Sur les lois numériques des ondes pédieuses chez les Gastéropodes.* La fréquence des ondes pédieuses F et la vitesse de l'animal en ascension verticale sont reliées par la loi exponentielle : $V = Ae^{BF}$, où A et B sont des constantes spécifiques. La fréquence des ondes et la puissance P développée par l'animal sont reliées par une loi analogue : $P = A'e^{B'F}$. — MM. L. Mac-Auliffe et A. Marie : *Etude anthropométrique de 127 Espagnols.* Les Espagnols sont en majorité mésocéphales ; leur indice céphalique moyen est de 78,39. La taille moyenne espagnole (1,631 m.) est inférieure à la nôtre (1,639 m.) ; la loi de Pittard ne s'y applique pas, ce qui confirme le fait que le peuple espagnol est le résultat d'un métissage de races diverses. La pigmentation des yeux et des cheveux y est plus accentuée que dans notre pays. — M. M. Baudouin : *Les variations de la platycnémie du tibia chez les enfants et les adultes des races néolithiques.* Chez les brachycéphales du bassin de Paris, la platycnémie (aplatissement du tibia) est plus forte que chez les dolichocéphales de l'ouest de la France. Comme la platycnémie est un caractère acquis, les brachycéphales sont d'une race plus bipède, c'est-à-dire plus perfectionnée que les dolichocéphales. Il existe deux platycnémies successives, d'origine différente : celle de la jeune enfance, d'ordre atavique, suivie, entre 10 et 20 ans, d'un arrondissement du tibia, puis d'une seconde platycnémie, fonctionnelle, chez l'adulte. — M. G. Odin : *Sur un nouveau procédé de diagnostic de la syphilis.* Ce procédé consiste dans l'injection au malade d'une certaine quantité de sérum de son sang, exalté par l'addition d'une petite dose de fluorure de sodium. Cette injection provoque la réapparition ou l'exaltation des accidents de nature syphilitique ayant existé ou existant chez le malade.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 16 Novembre 1920

M. **E. Sergent** est élu correspondant national dans la Division de Médecine.

M. **E. Ausset** : *Les colonies de vacances des régions libérées au Sanatorium de Zuydcoote (Nord).* Le sanatorium de Zuydcoote a reçu du 1er juillet à fin septembre, en trois séries, 1.686 enfants envoyés par le Comité d'assistance des régions libérées. 93 % ont augmenté de poids, quelques-uns de plus de 3 kgr., et sont repartis complètement transformés. Les autres sont restés stationnaires ou ont maigri; ces amaigrissements s'observent surtout chez les névropathes, que la mer excite et qu'il serait préférable d'envoyer à la campagne ou à la montagne. Etant donnés les résultats remarquables obtenus par un séjour au grand air, il serait urgent d'augmenter le nombre des colonies de vacances pour enfants des villes.

Séance du 23 Novembre 1920

M. le Président annonce à l'Académie le décès de M. **Debove**, secrétaire perpétuel, et M. **Ch. Achard** lit une notice sur sa vie et son œuvre.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 20 Novembre 1920

MM. **F. Arloing** et **L. Thévenot** : *Effets de l'intoxication phéniquée sur l'excitabilité des muscles et des nerfs sensitifs et moteurs.* Dans les conditions des expériences des auteurs, l'acide phénique s'est montré un excitant passager de la moelle. Chez la grenouille, il provoque régulièrement des crises convulsives et ne donne chez le chien que des trémulations musculaires. Toutefois, à une hyperexcitabilité passagère succède une hypo-excitabilité sensitive sans modifications des réactions électriques du muscle ou du nerf moteur.

Séance du 27 Novembre 1920

M. **G. Ichok** : *Du sérodiagnostic de la tuberculose chez les vieillards au moyen de la réaction de fixation.* L'étude de l'auteur a porté sur 20 pensionnaires de la Salpêtrière, de 64 à 82 ans, dont l'état général était bon dans la majorité des cas, mais qui toussaient presque tous depuis de longues années. La séro-réaction pratiquée au moyen de l'antigène de Besredka a donné 17 réactions positives et 3 négatives. Ces faits confirment la thèse de Calmette, d'après laquelle la bronchite chronique, à laquelle succombent si souvent les vieillards, est dans la plupart des cas tributaire des bacilles tuberculeux. — M. **J. Giaja** : *Sur l'énergétique de la levure.* L'énergie mise en jeu par la levure en milieu sucré n'est pas l'expression des besoins énergétiques de cet organisme, mais le résultat de son pouvoir catalytique, qui n'est pas réglé par les besoins physiologiques de la levure, pas plus que les actions fermentaires qui se passent dans le tube digestif ne le sont par les besoins de l'organisme.

Séance du 2 Décembre 1920

M. **H. Simonnet** : *Obtention chez le pigeon des accidents de polynévrite par l'emploi d'une alimentation synthétique.* L'auteur a administré par gavage à des pigeons le régime artificiel suivant, carencé en facteur alcoolo-soluble : résidu de viande, sels, agar pulvérisé, huile d'arachides, cellulose, beurre, fécule de pomme de terre. Dans tous les cas, l'administration de cette ration a provoqué l'évolution d'une affection dont le tableau clinique se superpose exactement à celui de la forme spasmodique de la polynévrite aviaire. En complétant la ration déficiente par l'administration de levure de bière sèche, on peut maintenir le pigeon en excellente santé pendant plus de 7 mois. — M. **J. Cantacuzène** : *Formation d'hémolysine dans le sérum des* Maia squinado *inoculées avec des hématies de Mammifères.* Le pouvoir hémolytique se développe constamment chez les *Maia* ayant reçu des injections répétées d'hématies lavées de mouton. Mais ce pouvoir est masqué, jusqu'à un certain point, par une substance antagoniste, thermolabile, présente chez la *Maia* normale, plus développée chez la *Maia* vaccinée, qui vraisemblablement se fixe sur les globules rouges et s'oppose de la sorte à l'absorption de l'hémolysine. — M. **L. Blaringhem** : *Métamorphose des étamines en carpelles dans le genre Papaver.* L'auteur a observé, sur des plantes mutilées de *Papaver bracteatum* (on avait supprimé au début du printemps les jeunes boutons formés en terre), la métamorphose d'un certain nombre d'étamines en carpelles chez les fleurs qui poussent ensuite.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 19 Novembre 1920

M. **E. Doumer** : *Electrolyse des dissolutions pures d'acide chlorhydrique.* M. Doumer a étudié le dégagement d'oxygène qui accompagne toujours à l'anode le dégagement de chlore dans l'électrolyse des dissolutions d'acide chlorhydrique et que l'on attribue ordinairement à une action secondaire du chlore naissant sur l'eau de la dissolution. Il a trouvé qu'en électrolysant ces dissolutions avec des anodes soit en argent, soit en mercure, soit en plomb, métaux susceptibles de fixer, dès sa production, le chlore électrolysé et en empêchant ainsi ce dernier d'agir sur l'eau, non seulement on continue à recueillir de l'oxygène, mais qu'on en recueille même davantage qu'avec des électrodes en platine. Il en conclut que cet oxygène provient non pas d'une action secondaire du chlore sur l'eau, mais de l'électrolyse de cette eau elle-même, et que par conséquent dans les dissolutions d'acide chlorhydrique, non seulement cet acide est ionisé, mais que l'eau l'est aussi et que, par conséquent encore, une partie de l'hydrogène recueilli à la cathode provient de l'électrolyse de l'eau. Il appelle *facteur d'ionisation* de l'eau le rapport du nombre de molécules d'eau ionisées au nombre total de molécules ionisées; ce rapport est évidemment égal au rapport $2v/V$ si l'on représente par v le volume de l'oxygène recueilli et par V celui de l'hydrogène total. Le facteur d'ionisation de l'acide chlorhydrique sera de même $(V-2v)/V$, c'est-à-dire le rapport du volume de l'hydrogène provenant de l'acide chlorhydrique au volume total de cet hydrogène. Il a trouvé en outre que, pour les dissolutions relativement faibles qu'il a étudiées (0,72 à 145 pour 1.000), ces facteurs étaient relativement constants et égaux respectivement à 0,662 et 0,338, c'est-à-dire que dans l'électrolyse de ces dissolutions l'effet chimique, au lieu de porter uniquement sur les molécules HCl, ne porte sur elles que pour un tiers environ, les deux autres tiers intéressant l'eau. Enfin, dans des expériences de contrôle, M. Doumer a trouvé que la perte totale en acide n'est vraiment que le tiers de ce qu'elle eût été si l'action chimique avait porté uniquement sur l'acide et que la perte est exactement la même aux deux pôles : d'où il tire cette conclusion que, tout au moins dans l'électrolyse de l'acide chlorhydrique, *les ions* H *et* Cl *se propagent avec la même vitesse.* — MM. **J. Duclaux** et **P. Jeantet** : *Spectrographe à prisme d'eau pour l'ultraviolet.* Cet appareil a été construit en vue d'obtenir sur une plaque unique le spectre le plus étendu possible. La dispersion de l'eau dans l'ultraviolet extrême est supérieure à celle du quartz et double de celle de la fluorine. L'indice moyen est en outre moins élevé, ce qui permet l'emploi de prismes d'un angle plus grand : pour ces deux raisons, le spectre est très étalé. La construction, qui ne repose sur aucun principe nouveau, est simple et économique.

ACADÉMIE D'AGRICULTURE

Séances d'Octobre et Novembre 1920

M. **M. Ringelmann** présente une notice *sur le choix des tourteaux alimentaires d'après l'énergie nécessaire à leur broyage.* Ses essais ont montré que, dans le choix

des tourteaux, le prix de revient de l'achat de la protéine ne doit pas être seul envisagé, et qu'il y a lieu de considérer aussi le prix de revient du concassage, ce dernier pouvant varier dans le rapport de 1 à 5 suivant la dureté des tourteaux. Ceux de colza, de lin, de sésame, sont les moins durs et n'exigent que 85 à 95 kilogrammètres de travail mécanique pour broyer 1 kg. de tourteau, ceux d'arachide en exigent 138, ceux de niger 344 et ceux d'œillette 419. Ceux de coton sont très variables à cet égard. Les morceaux débités par la machine sont d'autant plus volumineux que le tourteau est plus dur. La densité du produit ne donne pas une indication nette sur la dureté : certains tourteaux sont relativement élastiques (sésame, coprah); d'autres friables (lin, colza, coton). Les tourteaux durs ont donc des frais de broyage, qui élèvent le prix de revient de leur unité nutritive d'une façon assez inégale.— M. Ducellier : *Sur les blés du Sahara.* Ceux-ci présentent une grande diversité de types : tendres, durs, épeautres. Il y en a de très productifs, et ils possèdent de remarquables aptitudes xérophiles qu'il est possible d'utiliser par croisement. Il a été déjà obtenu des hybrides aujourd'hui fixés qui peuvent convenir aux contrées méridionales, notamment ceux issus de El Krelof. — M. P. Bachelier donne le résultat de ses *expériences sur le trempage des semences.* On sait que cette question a été depuis longtemps posée de savoir s'il ne serait pas possible d'augmenter le rendement d'une graine par un enrobage chimique qui apporterait à la semence un élément nutritif additionnel placé à proximité du germe au début de son développement. On a recommandé successivement, et déjà très anciennement, divers enrobages et notamment un bain mixte de nitrate de K et de nitrate d'Am. M. Bachelier croit pouvoir tirer de ses essais les conclusions suivantes : « En période de sécheresse, le trempage des semences dans l'eau active la levée. Les solutions salines exercent à une certaine concentration une action nocive. En dessous de 20 gr. par litre, dans la solution, le nitrate de potasse n'est pas nocif, mais ne semble pas exercer une action bienfaisante. » En général, les praticiens qui font des essais obtiennent des résultats analogues. Il en est ainsi de M. Vilcoq. M. Schribaux reconnait aussi que les produits préconisés pour le trempage des semences ont fait faillite. M. Petit n'a obtenu aucun résultat heureux du trempage des semences de betteraves dans des solutions fertilisantes. [S'il nous était permis une observation d'ensemble, nous ferions remarquer que le problème reste posé, et ne peut pas recevoir de solution définitive tant qu'on se bornera à des expériences empiriques vagues et sans précision. Les théories actuelles sur le rôle des associations chimiques qui régissent les phénomènes de la nutrition permettent d'envisager qu'une addition, même infime, au milieu de nutrition est capable d'exercer une influence notable sur la croissance. Pour décider s'il existe des moyens d'exercer une action bienfaisante sur le début du développement des germes des semences, il faut prendre la question à l'aide des méthodes précises du laboratoire : rechercher s'il y a des accélérateurs ou excitateurs chimiques capables d'agir directement, à quelles doses ils commencent à agir, quelle est la courbe graphique qui représente leur action lorsque les doses s'accroissent; il faut être certain des doses offertes à chaque germe, et des doses retenues par lui; il faut être certain de la non-existence, dans le milieu, d'actions neutralisantes ou entravantes, comme on en connait de précises dans les sols cultivés. Il faudrait varier la liste très longue des corps susceptibles d'être envisagés comme actifs, varier aussi leurs associations; il faudrait viser aux actions *complémentaires* utiles (blessures de semences, etc.), comme aux actions *indirectes* favorables; vérifier la pureté des produits employés et décider enfin si « théoriquement », et dans des conditions expérimentales précises, on peut escompter un résultat dans un sens déterminé. Alors, seulement, on pourra essayer si « dans la pratique » on peut recommander une méthode d'application qui donne satisfaction. Il faudra peut-être chercher autant pour trouver celle-ci que pour définir scientifiquement la base théorique de cette application. Il paraît donc très prématuré de conclure que c'est simplement le coefficient d'humidité de la graine qui peut être salutaire dans certaines circonstances. Nous croyons que la méthode qui consiste à dire : trempons, semons, concluons, est une méthode barbare pour une époque où nous avons des Laboratoires de Chimie biologique et d'Agronomie qui savent travailler. Assurément, il y aurait grand intérêt pour l'agriculture de savoir si, oui ou non, on peut, à l'aide d'une dépense minime, augmenter peut-être d'un quart, c'est-à-dire de 1 milliard, la valeur de notre récolte annuelle de blé, et de bien d'autres récoltes encore. Les intérêts en jeu sont d'importance, et peuvent mériter qu'on s'y arrête. Qu'un de nos Offices agricoles régionaux envoie 50.000 fr. à un Laboratoire, par exemple celui de notre éminent confrère M. Gabriel Bertrand, qui est de première compétence en cette matière; joignons-y deux biologistes agronomes pour recevoir ses directions, et dans trois ans on saura si, dans l'état actuel de nos connaissances, on peut espérer quelque chose de la méthode de trempage des semences. Même si l'enrobage ne pouvait pas jouer un rôle de nutriment direct, il n'est pas certain que son rôle de neutralisant des associations chimiques paralysantes — si fréquentes dans les sols — ne soit pas susceptible d'exercer une action utile à l'évolution du germe. Cela, c'est une seconde thèse à mettre sur le chantier et distincte de la première, quoique dominée elle aussi par le principe général de l'action biologique des infiniment petits chimiques. N'a-t-on pas démontré définitivement que des traitements chimiques sont susceptibles de réveiller et de rendre possible la croissance de vieilles graines engourdies. On ne voit pas pourquoi des traitements d'une nature analogue seraient impuissants à exciter la croissance normale ou à l'influencer favorablement. Quant à savoir si la Nature fait bien les choses, et met dans la graine de quoi « suffire » à la germination, ce qui rendrait un effort humain additionnel inutile, ce n'est pas tout à fait la question. On peut répondre, en effet, que la vie chimique des êtres vivants est en partie fonction du milieu, et que le milieu ne présente pas partout les conditions optima; que, d'autre part, l'homme, assez souvent, par son ingéniosité, sait expérimentalement améliorer les rendements naturels. Il n'y a pas très loin du fait qui consiste à ajouter un engrais à un sol cultivé, à celui qui consisterait à distribuer à proximité d'une graine des éléments chimiques actifs et utiles. Les heureux effets, obtenus souvent si empiriquement, même à notre époque, à l'aide d'engrais chimiques massifs, peuvent laisser entrevoir que l'étude du début de la croissance des graines n'est pas encore suffisante. Il y a des aliments « de jeunesse », disait Duclaux; il y a des aliments « à fonction spéciale », disent Osborne et Mendel, Gley... Pourquoi ne chercherait-on pas le milieu chimique « de choix » qui conviendrait le mieux au jeune germe qui sort de la semence? Et celui qui s'attachera à le définir sera peut-être un grand bienfaiteur de l'agriculture. Autant il peut être prudent et nécessaire de dire aux praticiens d'attendre une documentation avant d'agir, autant il peut être indiqué d'organiser et de ne pas décourager la recherche, sur une question qui n'est pas résolue et dont l'importance est de premier ordre. Telles sont les observations qu'un correspondant de l'Académie d'Agriculture se permet et s'excuse d'ajouter aux discussions et aux conclusions un peu différentes de l'Académie sur le sujet.] — M. Villedieu : *Rôle du cuivre dans les bouillies anticryptogamiques.* L'auteur croit que le cuivre n'a aucune action toxique contre les zoospores du mildiou. C'est peut-être faire bon marché des expériences antérieures sur la toxicité des ions cuivre dont la bibliographie est abondante. Ne niant pas, d'ailleurs, l'action des bouillies, M. Villedieu admet que c'est la base ou l'acide en excès qui seraient actifs. La note présentée vise à établir que les Péronosporacées, en général, ne

sont pas intoxiquées par le cuivre, mais on conviendra que les expériences faites avec le *Penicillium* ne peuvent rien prouver à cet égard. Le cas du *Penicillium* vis-à-vis de divers toxiques (nitrate d'argent, sulfate de cuivre...) est bien connu de tous les biologistes. M. Villedieu n'apporte aucune nouvelle contribution à cet égard. Il aura beaucoup à faire pour annuler les conclusions de 1.300 à 1.400 mémoires qui constituent actuellement la bibliographie de la toxicité du cuivre. La sensibilité des espèces mycéliennes à un ion toxique peut varier, de l'une à l'autre de ces espèces, de plus de 1.000 à 1, sans qu'il soit possible d'expliquer cette différence qui est une question de fait. Si l'on pouvait arriver à économiser les 500.000.000 fr. de sels de cuivre dépensés chaque année sur le vignoble français, cela serait évidemment un bénéfice appréciable pour la viticulture, mais avant d'en arriver là les idées de M. Villedieu auront besoin d'être étayées et confirmées, et il faudra qu'il s'attaque aux expériences précises de ses devanciers pour en montrer les points faibles. Nous n'en sommes pas là. — MM. **Eugène Rousseau** et **Sirot** : *Les matières azotées et l'acid phosphorique dans la maturation et la germination du blé.* Les auteurs ont appliqué leur procédé de dosage des matières azotées solubles à l'analyse du grain de blé pris à différentes époques de son développement et au moment où, gonflé, il va germer. La proportion des matières azotées solubles par rapport aux matières azotées totales, qui est de 49 °/o en juin, tombe à 10-14 °/o à la récolte, pour se relever à 36 °/o sous l'influence de la germination. Parallèlement, la variation des phosphates solubles par rapport aux phosphates totaux est de 76 °/o au début de la formation du grain et baisse ensuite à 35 °/o pour se relever à 42 °/o. L'acidité suit la même fluctuation. Une composition anormale des farines ou du blé lui-même correspond à une insuffisance de maturation ou à une tendance à la germination. Le parallélisme des variations de l'azote et de l'acide phosphorique permet d'admettre une relation entre le manque d'azote assimilable dans les sols et l'appauvrissement en gluten des blés à grands rendements. Les auteurs ont examiné au même point de vue la solubilité des matières azotées dans les farines maltées. La proportion centésimale d'azote soluble est plus élevée dans ces farines où l'on retrouve les caractères des farines provenant de blés germés. — *La fumure de la Lavande* a été étudiée par M. **Fondard**, et ses résultats présentent un intérêt général. Il se trouve que la fumure aux engrais chimiques améliore le rendement en poids dans des proportions énormes, en même temps que la quantité et la qualité de l'essence obtenue. Une fumure de 150 kg. de nitrate et 300 kg. de superphosphate a produit une augmentation de 11 kg. 3 d'essence à l'hectare, soit une recette additionnelle de 2.500 à 3.000 fr. On enseigne ordinairement que la culture ne donne pas des essences parfumées aussi fines que celles des plantes sauvages. Ici il en est tout autrement. L'essence sauvage titrant 34° d'éthers, on a obtenu en culture intensive une teneur de 48° d'éthers dans un cas et 43° dans un autre. L'adret fournit en général un quart d'essence en plus, ce qui accuse l'influence dominante de l'ensoleillement. Il faut à la lavande une grande insolation et elle bénéficie donc beaucoup de la culture intensive. — M. **H. Jumelle** envoie une note botanique sur les cotonniers de Madagascar et plus particulièrement sur le *Cotonnier du Sud-Ouest.* La zone climatique de culture du cotonnier à Madagascar s'étend sur tout le versant occidental, les Hauts Plateaux et la partie septentrionale. Mais la nature du sol élimine le centre. Le cotonnier indigène, c'est-à-dire anciennement introduit et naturalisé, serait le *Gossypium purpurascens* (Cotonnier de Bourbon). On trouve aussi dans le Sud-Ouest le *Gossypium obtusifolium* qui existe aussi dans l'Est-Africain. Une variété « *Wightiana* », très cultivée dans l'Inde, est dite coton de Gujarat. C'est sur cette espèce et ce type de coton que l'auteur attire l'attention comme pouvant donner les premières expériences utiles d'extension de la production cotonnière malgache. — M. **Laplaud**, étudiant *la production intensive de la viande de bovin précoce en France*, donne des renseignements comparés sur les caractéristiques différentes des marchés de Paris et de Lyon. Dans cette dernière ville, le poids moyen est au-dessous de 500 kg.; ce sont des animaux jeunes et de poids moyen. Nevers et le Charollais y expédient les animaux les plus petits. Les plus lourds vont à Paris. Les jeunes bovins limousins vendus pour la boucherie ne pèsent que 250 à 450 kg. brut. En somme, il y a de nombreuses régions où l'on pratique uniquement l'élevage des bovins avec engraissement des jeunes taureaux et des génisses pour la vente à Lyon, à Saint-Etienne et dans le Midi. Nos meilleures races de boucherie permettent d'obtenir le bovin très précoce et avec d'excellents résultats financiers, égaux à ceux que fournissent les exemples des éleveurs américains. — Dans son mémoire *sur le rajeunissement de la pomme de terre*, M. **Aumiot** expose ses recherches pour obtenir de nouvelles variétés par l'utilisation des mutations du *Solanum Commersonii* apparues en 1917. D'autres tubercules sont des produits de croisements de première et deuxième générations de variétés cultivées ou de variétés cultivées et de variétés sauvages. En 1919, M. Aumiot n'a pas réussi moins de 458 fécondations inégalement réfractaires ou sensibles au *Phytophtora*, car il avait fait entrer dans ses croisements des pommes de terre réfractaires à la maladie. Certains métis étaient en fait immunisés. Les métis étaient ordinairement plus vigoureux que les géniteurs, et il a cru enregistrer une prédominance de l'influence du géniteur mâle. Les graines d'une même baie peuvent donner des métis très différents par leur productivité ou leur précocité. La résistance du métis peut être très supérieure à celle du géniteur le plus résistant, ce qui peut servir de base à une méthode de perfectionnement. — M. **Marion** a étudié *l'action de l'eau oxygénée sur la farine*, en vue de la détermination de son taux de blutage. On sait que c'est la partie périphérique du grain qui présente une forte localisation de la catalase. Ainsi les farines blanches en sont dépourvues, tandis que les farines bises en contiennent d'autant plus que la proportion des téguments est plus forte. Il faut tenir compte de l'acidité qui pourrait troubler les observations. Celle-ci étant neutralisée, il suffit de faire agir de l'eau oxygénée, d'un titre connu, pendant une unité de temps. Les dégagements d'oxygène obtenus sont indicateurs des taux de blutage. Dans un appareil, décrit par l'auteur, il suffit d'opérer à 15°, de délayer l'eau oxygénée et la farine, et de faire une lecture 5 minutes après sur une cloche à gaz. Il y a là une méthode indirecte de dosage qui est très intéressante.

EDMOND GAIN.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE BELGIQUE

Séance du 10 Avril 1920

SCIENCES NATURELLES. — M. **G. Cesaro** : *Sur la forme de l'alvéole de l'abeille.* Cet alvéole, formé d'un prisme hexagonal régulier fermé à une extrémité par trois faces rhombes, a des propriétés géométriques remarquables. Les angles dièdres sont simples (120°, à l'exception des six angles de base). Le polyèdre qu'elle représente se déduit facilement du cube : c'est un rhombododécaèdre, coupé par une face d'octaèdre. L'alvéole, tel que l'abeille le construit, correspond à un minimum de surface et aussi à un minimum de périmètre. — M. **Jean Massart** : *Recherches sur les organismes inférieurs.* VIII. *Sur la motilité des Flagellates.* Description de Flagellates pêchés sur le littoral belge. — Mme **J. Schouteden-Wéry** : *Quelques expériences de régénération de bourgeons chez les racines de Chicorées.* Les racines de Chicorées manifestent toujours une polarité gemmaire fort nette : en toutes positions la région proximale produit des bourgeons. Cette polarité gemmaire peut être non invertie, mais combattue cependant par les facteurs externes, pesanteur et lumière, qui interviennent dans la production de bourgeons au pôle opposé.

— M. W. **Conrad** : *Contributions à l'étude des Chrysomonadines.* — M. P. **Fourmarier** : *L'âge relatif de quelques modifications des terrains paléozoïques de la Belgique.* On peut distinguer plusieurs époques dans les modifications subies par les roches des terrains paléozoïques belges : dès le début des efforts géodynamiques, les sédiments se sont modifiés pour prendre peu à peu l'aspect lithologique que nous leur voyons aujourd'hui. Puis le plissement proprement dit s'est effectué avec ses grands plis de premier ordre, compliqués par des mouvements plus petits; certains plis secondaires se sont accentués en failles, en même temps que la tendance au flux de la matière y a fait naître le clivage schisteux; enfin, comme dernier épisode du phénomène, se sont produits les grands charriages qui ont refoulé vers le Nord tout le grand massif méridional.

Séance du 4 Mai 1920

1° Sciences mathématiques. — M. A. **Demoulin** : *Sur les équations de Moutard à solutions quadratiques.* — M. A. **Demoulin** : *Sur les congruences qui appartiennent à un complexe linéaire et sur les surfaces* Φ.

2° Sciences physiques. — MM. **Th. de Donder** et **H. Vanderlinden** : *Théorie nouvelle de la Gravifique.* Contrairement à la théorie actuellement admise, la force généralisée, dans la nouvelle théorie, est différente de zéro et dérive d'une fonction de force qui est intimement liée à la courbure totale de l'espace-temps. La méthode des auteurs consiste à déduire du principe d'Hamilton généralisé les équations différentielles de la Gravifique, en utilisant de nouveaux potentiels.

3° Sciences naturelles. — M. **Georges Leplat** : *Note sur l'étude du développement du cristallin et des autres placodes chez les embryons monstrueux de* Rana Fusca. — M. **Charles Fraipont** : *Sur la structure intime de l'astragale chez les Primates.* Résultats d'une étude, entreprise au moyen de la radiographie, de l'astragale chez les singes primates et l'homme préhistorique. — M. **Charles Fraipont** : *Une Mustellide quaternaire nouvelle pour la Belgique.* Une série de crânes, provenant des cavernes belges, furent identifiés par l'auteur à la *Mustella robusta* d'Ightham. — M. **Paul Delava** : *Etude des voies centrifuges du réflexe oculo-cardiaque.* Expériences montrant que la compression oculaire a, chez les chiens intoxiqués par le chlorure de baryum, le même effet que l'excitation des nerfs accélérateurs du cœur, alors que persiste l'action réflexe modératrice sur le rythme sinusal. — M. P. **Fourmarier** : *Quelques réflexions au sujet de la discordance entre le Gédinnien et le Siluro-cambrien en Belgique.*

Séance du 5 Juin 1920

1° Sciences mathématiques. — M. **Dehalu** : *Nouvelle mesure de la base géodésique de Lommel.*

2° Sciences physiques. — M. **Th. de Donder** : *Transformations physiques et chimiques des systèmes de Gibbs.* L'auteur reprend l'étude des systèmes de Gibbs en adoptant un point de vue nouveau : ses systèmes effectuent de véritables transformations, alors que, dans les théories actuellement admises, ces systèmes sont toujours considérés à l'état d'équilibre.

3° Sciences naturelles. — M. **Victor Willem** : *Observations sur la respiration des Amphibiens.* I. Observations sur la respiration des Grenouilles adultes pendant leur existence dans l'eau, spécialement lors de l'accouplement.

Séance du 3 Juillet 1920

1° Sciences physiques. — M. E. **Henriot** : *Sur l'explication de quelques phénomènes optiques.* L'auteur attire l'attention sur les possibilités d'explication que peut fournir la considération de certaines vitesses critiques réalisées à l'intérieur des substances solides, où la matière est répartie avec une certaine régularité spatiale.

2° Sciences naturelles. — M. **Victor Willem** : *Observations sur la respiration chez les Amphibiens.* II. Exposé de la succession des manœuvres respiratoires chez le têtard du Crapaud commun. — M. P. **Nolf** : *De la nature du complément hémolytique.* Nouveaux essais, faits au moyen de fibrinogène de chien, confirmant qu'il n'est pas permis d'identifier le fibrinogène avec le complément hémolytique.

J.-E. V.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 25 Septembre 1920

1° Sciences mathématiques. — M. **W. van der Woude** : *Sur le mouvement d'un système rigide.* Traitement des singularités dans le mouvement d'un système spatial rigide par la méthode du trièdre mobile. — M. A. **Pannekoek** : *La distance des nébuleuses sombres dans le Taureau.* Ces nébuleuses absorbantes sont situées derrière les Hyades, à une distance à peu près quadruple.

2° Sciences physiques. — M. H. A. **Kramers** : *Sur l'application de la théorie de la gravitation d'Einstein à un champ de gravitation stationnaire.* I. Définition et propriétés invariantes d'un champ de gravitation stationnaire. Champ de gravitation provoqué par des masses en circulation stationnaire. II. Influence d'un champ de gravitation stationnaire sur le mouvement d'un corps solide autour de son centre de gravité. Influence du champ solaire sur la rotation terrestre. — M. J. M. **Burgers** : *Résistance d'un liquide et mouvement tourbillonnaire.* Lorsqu'un corps est mis en mouvement dans un liquide, il se forme à la surface de ce corps une couche tourbillonnaire. Cette couche diffuse dans le liquide par frottement, mais est continuellement régénérée, ce qui nécessite une certaine impulsion. — MM. H. C. **Burger** et P. H. **van Cittert** : *Mesures d'intensités de raies spectrales à l'aide de l'échelon.* Vérification expérimentale de la formule donnant la distribution de l'intensité lumineuse d'une raie spectrale observée au moyen d'un échelon. — M. Alph. **Deumens** : *L'extinction produite par une plaque photographique noircie considérée comme fonction de la longueur d'onde, de la quantité d'argent et de la grosseur du grain.* Description et application d'une méthode de mesure du degré de noircissement d'une plaque photographique. — MM. J. **Boeseken** et J. **Coops** : *La configuration des acides tartriques.* En étudiant l'influence de l'acide borique sur la conductibilité des acides tartriques, de leurs éthers-sels et de leurs amides, l'auteur établit la situation relative des divers groupements atomiques et la trouve conforme aux propriétés de ces corps. — M. P. E. **Verkade** : *Sur la propriété de quelques composés organiques d'être attaqués par des micro-organismes.* II. *La solubilité de quelques acides organiques dans les huiles grasses.* Recherches faites en vue d'une vérification de la théorie lipoïdique de la narcose. — MM. **Nil Ratan Dhar**, A. K. **Datta** et D. N. **Bhattacharya** : *Catalyse.* VIII. Etude de la réaction entre le nitrate d'argent et le sulfate double de fer et d'ammonium, de l'oxydation du sulfite de sodium par l'oxygène atmosphérique et de l'activité catalytique d'un acide non dissocié. — M. **Nil Ratan Dhar** : *Catalyse.* IX. *Réactions thermiques et photochimiques.* Confirmation de l'idée que les réactions qui ont un grand coefficient de température sont sensibles à la lumière, de sorte que les sensibilités d'une réaction chimique à l'influence de la température et aux radiations lumineuses vont de pair. X. *Explication de quelques coefficients de températures anormalement petits ou grands.*

3° Sciences naturelles. — MM. R. **Magnus** et A. **de Kleyn** : *La fonction des otolithes.* Etude des réflexes toniques du labyrinthe dans le but d'examiner si ces réflexes sont dus aux otolithes ; les résultats de l'étude confirment cette supposition. J.-E. V.

(*A suivre.*)

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Ed., rue de la Bertauche, 1, Sens.

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXXI DE LA REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES

(DU 15 JANVIER AU 30 DÉCEMBRE 1920)

I. — CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Astronomie et Géodésie

G. de Bothézat. — Sur une possibilité du calcul de la vitesse absolue du système solaire 331
Sur l'origine des cratères de la Lune. 266
Observations récentes sur Capella 398
Les comètes périodiques et leur origine 677
La distribution des masses dans le système solaire et l'origine des petites planètes 741

Biologie générale

La loi bioclimatique. 99
Les bases embryologiques de la mortalité chez l'homme. 430
Le rapport des sexes chez les enfants issus de parents d'origines diverses 512

Botanique et Agronomie

Beauverie (J.). — La sélection des semences et le contrôle officiel en Hollande. 559
Rigotard (M.). — Les stations agronomiques coloniales. 647
Retard de la floraison causé par un gaz toxique. . . . 131
L'emploi des gaz épuisés de hauts fourneaux comme engrais carbonique 132
La loi du développement des plantes 168
La production du kapok en A. O. F. 332
La fécondation sélective par les mélanges de pollens. . 399
Effet de la longueur relative du jour et de la nuit sur le développement et la reproduction des plantes. . 559
L'influence du froid comme stimulant de la croissance des plantes. 646

Chimie physique et générale

Labrousse (J.). — Le volume moléculaire des composés organiques liquides 97
— La polymérisation des sels binaires en solution. . 331
L'analyse par les rayons positifs et l'existence de formes isotopes du néon et du chlore. 1
Sur la possibilité de séparer les isotopes. 1
A propos du poids atomique du plomb-radium 2
Action de l'acide carbonique sur les sulfures 2
Le mécanisme de l'addition de l'hydrogène aux glycérides non saturés en présence de nickel finement divisé 66
L'hypersensibilisation des plaques panchromatiques commerciales. 67
Propriétés du silicate de soude commercial. 167
Le principe actif du poivre et ses homologues. 167
La préparation et les propriétés des formes actives du carbone 198
L'absorption du chlore par le charbon de bois pulvérisé. 234
Détermination de la composition des mélanges d'alcool et d'eau par la conductibilité électrique. 332
La synthèse directe de l'ammoniaque, d'après les procédés de M. G. Claude 510
Le rapport du Comité international des Poids atomiques pour 1920-1921. 607
L'évaporation spontanée des solutions 645
La production de l'hélium et du néon dans les tubes à décharge à l'hydrogène 645
Une forme active de l'hydrogène 678
La perméabilité du caoutchouc aux gaz. 711
Chaleur d'absorption des vapeurs par le charbon de bois. 742

Chimie biologique

L'hémocyanine. 2
L'étude biochimique de l'évolution des êtres et l'évolution des protéines 34
La présence d'oxyde de carbone dans le flotteur d'une Algue géante, le *Nereocystis luetkeana* 235
L'isolement chimique des vitamines. 398
Méthode quantitative pour la détermination des vitamines. 607
Les constituants odorants des pommes 646
La fonction cholestérinogénique de la rate 679
La composition chimique du bacille tuberculeux. . . . 743

Chimie industrielle

Les propriétés tinctoriales de quelques pigments anthocyaniques et de leurs dérivés 67
La température d'inflammation spontanée des combustibles liquides 99
La réparation des pièces de machines par dépôt électrolytique de fer. 430
Un nouveau procédé de vulcanisation du caoutchouc. . 558
Le dégagement des gaz toxiques dans l'emploi des extincteurs au tétrachlorure de carbone. 742
Le développement des explosifs à l'oxygène liquide . . 775

Distinctions et solennités scientifiques

Elections à l'Académie des Sciences de Paris. 129, 165, 197
Les prix Nobel. 709

Electricité industrielle

L'aluminium dans l'industrie électrique. 470

Enseignement

Fréchet (M.). — Les Universités et le baccalauréat. . 199

Géographie et Colonisation

Clerget (Pierre). — Le desséchement du Zuiderzee. . 4
— Les débuts du canal de Panama. 36
— Le canal de Suez pendant la guerre. 69
— La valeur économique de l'Alsace et de la Lorraine. 268, 300, 335, 400, 431
Regelsperger (Gustave). — L'expédition Amundsen vers le pôle Nord 472
— L'expédition britannique de John L. Cope dans les régions antarctiques. 560
— Les explorations du Dr Marc-Aurel Stein dans les déserts de Takla-Makan et de Lob. 608
— Les Esquimaux; leur origine et leur développement. 713
L'ethnographie des pays roumains. 333
Le bicentenaire de la colonisation du Groënland 777

Géologie et Paléontologie

Radzitzky (Ivan de). — Une Revue de documentation géologique. 35
Les variations d'équilibre de la lithosphère. 3
Les « lahars » des volcans javanais. 168
Les richesses minérales de l'Afrique du Nord. 558

Histoire de la Science

Félix (Jean et Charles). — Un anniversaire ignoré . . 113

29584

Mathématiques

Méthode graphique pour construire une courbe au moyen de l'inverse d'une des variables. 256
Nouvel appareil pour le tracé des coniques. 329

Mécanique et Génie civil

Le chauffage des chaudières à vapeur à l'électricité. . 197
L'industrie des constructions navales 297
L'emploi de l'acétylène dans les moteurs à explosion . 711

Météorologie et Physique du Globe

Les idées actuelles sur l'isostasie. 65
Le nouveau record mondial de pluviosité aux Iles Hawaï. 97
Les marées dans les tuyaux. 197
La culture produit-elle une augmentation des précipitations atmosphériques 234
Organisation des recherches de magnétisme terrestre. 678

Nécrologie

Bosler (Jean). — Sir Norman Lockyer 605
Boyer (Jacques). — Charles-Ange Laisant (1841-1920). 397
Beaulard de Lenaizan (F.). — Charles Leenhardt (1877-1920). 741
Engelen (G. van). — J. Boulvin 129
Goldsmith (M.). — Yves Delage. 709
Regelsperger (G.). — L'explorateur polaire Peary. . 165
Roule (L.). — Frédéric Houssay 773
Vuillemin (Paul). — Emile Boudier (1828-1920) et Pier Andrea Saccardo (1845-1920). 233
Alfred Werner 265
L. Ramanujan 429
J. R. Rydberg 469
Auguste Righi. 509
Le major général W. C. Gorgas. 557

Physique

Le spectre des isotopes. 33
L'agglutination des poudres solides par compression . 33
Le pouvoir diathermane des corps aux basses températures 66
Méthode nouvelle pour repousser les gaz nocifs. . . . 130
Etude des rayons X mous 166
Détermination de la fluidité des métaux et alliages. . . 198
Le spectre des explosions. 234
L'emploi de lampes au néon pour les travaux stroboscopiques 298
L'effet du passage d'un rayon X à travers un atome. . . 398
La constitution nucléaire des atomes. 429
Utilisation des rayons X en métallographie 469
L'examen des viscères par les rayons X. 471
Sur la possibilité de produire des images optiques de réseaux moléculaires. 509
L'orientation des radiations des substances radioactives cristallisées 510
Amplification des courants dans la flamme d'un bec Bunsen. 557
Sur la possibilité d'expulser des électrons hors des métaux par des champs électriques intenses. 607
Le rôle de l'intensité et de la phase dans la localisation binaurale des tons purs 645
Nouvelle pile photo-électrique. 711
Nouvelle méthode de mesure de la vitesse instantanée des ondes sonores 774
Le coefficient d'aimantation des sels paramagnétiques solides et la théorie du magnéton. 775

Physiologie

Piéron (Henri). — La photométrie et la variabilité topographique de persistance des impressions rétiniennes. 743
Strohl (Jean). — Expériences de rajeunissement par la réactivation des cellules interstitielles séniles. . 607
La production de leucocytes dans les cultures in vitro de fragments de rate. 3
Hydrophilie de l'axonge cholestérinée. 35
Les propriétés antiscorbutiques des plantes potagères et l'effet du chauffage et de la cuisson. 68
Collapsus circulatoire et transfusion. 68
Métamorphose de l'Axolotl causée par l'alimentation thyroïdienne. 100, 235
Les rapports entre les diverses parties du liquide céphalo-rachidien 132
De l'utilisation des venins en technique physiologique. 236
Le métabolisme des acides biliaires 267
Elimination urinaire d'alcool. 268
La glycémie après la pancréatectomie. 299
La relation entre le nombre de leucocytes et la position du corps 399
L'examen des viscères par les rayons X. 471
Une nouvelle théorie de l'audition. 679
Double section sympathique en deux temps. 680
Sang urémique et sécrétion rénale. 713
La fatigue et le rendement chez les fumeurs 744

Zoologie

C. Franca. — La flagellose des Euphorbes. 776
L'hérédité de la production du lait chez les vaches laitières. 67
L'immunité acquise chez les Insectes. 99
A propos de la destruction des larves de moustiques. . 267
Les modifications causées chez des Cténophores par le genre de vie. 267
Influence du vent sur le vol des Insectes. 299
La transplantation des Anémones de mer par le Bernard l'Ermite. 332
Les conditions actuelles de la pêche à la sardine. . . . 333
Les effets des ions sur le mouvement cilière 471
Une nouvelle théorie de la myrmécophilie. 542
Méthode pour l'étude des problèmes de relation et de distribution géographique 648

II. — ARTICLES DE FOND

Anthropologie et Ethnographie

Bayle (E.) et Mac Auliffe (L.). — La couleur des yeux et des cheveux chez les Français 519
Weisgerber (H.). — Revue d'Ethnographie. 692

Astronomie et Géodésie

Arago (Vice-amiral). — Un modèle rustique d'équatorial. 169
Doublet (E.). — Le tricentenaire de l'Abbé Picard . . . 561
Guillemet (A.). — La photographie aérienne appliquée aux travaux topographiques de précision. 313

Biologie générale

Petronievics (B.). — Sur le concept général d'évolution 101

Botanique et Agronomie

Antonesco (P.). — Les forêts de la Roumanie 374
Chaine (J.). — L'attaque des végétaux par les termites. 250, 281
Rolet (Antonin). — La lutte contre les criquets ravageurs des récoltes 718
Vuillemin (Paul). — Revue de Mycologie. 148, 177

Chimie

Bourquelot (Em.). — Sur la synthèse biochimique et en particulier sur celle des disaccharides 745
Cornubert (R.). — La guerre des gaz. 45
— La microanalyse organique quantitative 442
Florentin (Daniel). — La guerre des gaz. L'Allemagne et la guerre des gaz. 237
Mailhe (Alph.). — Etat actuel de la catalyse. 681
Moureu (Ch.). — La Chimie française et les problèmes de la guerre. Substances explosives 610
Veil (S.). — L'analyse chimique par les rayons positifs. 664

Enseignement

Dufour (M.). — L'enseignement de la Physique dans les Facultés de Médecine 784
Villey (Jean). — Une Ecole de Perfectionnement industriel 778

Géographie

Bratiano (V. J.). — La Roumanie nouvelle. 342
Clerget (Pierre). — Revue de Géographie économique . 217
Langlois (J. P.). — Avant-propos à nos articles roumains. 337
Valsan (G.). — La terre et le peuple roumains. 338

Géologie, Minéralogie et Paléontologie

Joleaud (L.). — Revue de Paléontologie animale . . . 487
Révil (J.). — Revue de Géologie 752

Histoire des Sciences

Doublet (E.). — La tricentenaire de l'abbé Picard. . . 561

Mathématiques

Tzitzéica (G.). — La Géométrie différentielle projective des réseaux. 349

Mécanique et Génie civil

Adhémar (R. d'). — Les relations entre la Science et l'Industrie et les sociétés de perfectionnements industriels. 513
Berger (A.). — Le combustible liquide. 79
Bronckart (Fernand). — Le flottage des minerais. . . 5
Desmarets (M.). — Le combustible colloïdal. 146
Fourniols (M.). — Le chauffage industriel par le charbon pulvérisé. 112
— L'aménagement du Rhône au point de vue de l'énergie, de la navigation et des irrigations. . . . 269
Guillet (Léon). — La trempe et le revenu des produits métallurgiques. 432, 473, 523, 564, 614
Witz. — La crise du combustible et ses remèdes. . . . 37
— La houille, ses succédanés et ses adjuvants . . . 70
— La meilleure utilisation des combustibles. . . . 102
— L'économie des calories. 133

Physiologie

Athanasiu (J.). — Sur la force élastique des muscles. 357
— L'alcool aliment 714
Cantacuzène (J.). — Sur quelques réactions d'immunité chez les Invertébrés. 353
Fano (G.). — Inhibition et volonté. 649
Piéron (H.). — Des principes physiologiques qui doivent présider à toute étude de la lumière. 620, 656
Vladesco (R.). — L'interprétation des transformations de l'énergie dans le travail musculaire. 362

Physique

Carrière (L.). — L'interférométrie et les appareils interférentiels de M. Barus. 401
Guillaume (Edouard). — Les bases de la théorie de la relativité. 200
Piéron (H.). — Des principes physiologiques qui doivent présider à toute étude de la lumière. 620, 656
Veil (S.). — L'analyse chimique par les rayons positifs. 664

Sciences médicales

Lumière (Auguste). — Le problème du cancer. 210
Roubaud (E.). — La méthode trophique dans la lutte contre les insectes et les affections qu'ils transmettent. 301

Zoologie et Anatomie

Anthony (R.) et Vallois (H. V.). — Revue d'Anatomie. 582
De Beauchamp (P.). — L'élaboration et la publication d'une Faune de France 781
Bouvier (E.-L.). — Revue d'Entomologie pour les années 1910-1914 . . . . . 410, 455
Chaine (J.). — L'attaque des végétaux par les termites. 250, 281
Dixey (F. A.). — Le mimétisme chez certains papillons. 18
Dufrenoy (Jean). — La signification des cellules migratrices. 727
Marinesco (G.) et Minea (J.). — Recherches sur la morphologie et la biologie du tissu névroglique. 366
Rolet (A.). — La lutte contre les criquets ravageurs des récoltes. 718

Revues générales

Vuillemin (Paul). — Revue de Mycologie. 148, 177
Bouvier (E.-L.). — Revue d'Entomologie pour les années 1910-1914. . . . . 410, 455
Joleaud (L.). — Revue de Paléontologie animale. . . . 487
Anthony (R.) et Vallois (H. V.). — Revue d'Anatomie. 582
Weisgerber (H.). — Revue d'Ethnographie 692
Révil (J.). — Revue de Géologie. 752

III. — BIBLIOGRAPHIE

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES

Mathématiques

Halphen (G. H.). — Œuvres. 251
Heath (Sir Thomas L.). — Euclid in Greek. 765
Karpinski (L. C.). — Unified Mathematics. 765
Laboureur (M.). — Cours d'exercices sur le calcul mathématique. 463
La Vallée Poussin (C. de). — Leçons sur l'approximation des fonctions d'une variable réelle. 419
Macmahon (P. A.). — An introduction to combinatory Analysis. 789
Pasquier (L. Gustave du). — Introduction à la science actuarielle. 256
Rose (W. N.). — Mathematics for Engineers. 634
Silberstein (L.). — Elements of Vector Algebra. . . . 23
Thompson (Sylvanus P.). — Le Calcul intégral et différentiel à la portée de tout le monde 381
Veblen et Young (J. W.). — Projective Geometry . . 286

Mécanique générale et appliquée

Berger (L.). — Le gaspillage des combustibles 419
Bonhomme (J.). — Cours de résistance des matériaux. 158
Casalonga (D.). — Construction des moteurs à explosion 595
Dévédec (P.). — Application de la résistance des matériaux au calcul des ouvrages en béton armé. . . 789
Devilliers (René). — Le moteur à explosions. 381
Dubosque (J.). — Etudes théoriques et pratiques sur les murs de soutènement et les ponts et viaducs en maçonnerie 702
Fleury (Ch.). — Précis de Technologie mécanique . . 319
Fleury (R. de) et Labruyère (R.). — Des emplois de l'aluminium dans la construction des machines. . . 463
Foch (A.). — Contribution à l'étude des coups de bélier dans les conduites munies d'un réservoir d'air. 733
Fontviolant (B. de). — Les méthodes modernes de la résistance des matériaux. 87
Gascouin (Général). — L'Evolution de l'artillerie pendant la guerre. 319
Heirmann (Ed.). — Calculs graphiques et analytiques du béton armé. 381
Hirschauer (L.). — L'aviation de transport 122
Izart (J.). — Méthodes économiques de combustion dans les chaudières à vapeur 381
Legrand (L.). — Cours de Mécanique rationnelle . . 548
Lévy-Salvador (P.). — Le rôle de l'utilisation des chutes d'eau dans l'extension de l'activité industrielle et agricole. 382
Loche (L. E.). — Des mécanismes élémentaires. . . . 23
Masméjean (A.) et Béréhare (L.). — Les moteurs à explosion dans l'aviation. 672
Moulan (Ph.). — Cours de Mécanique élémentaire. . . 789
Razous (Paul). — Construction et installations modernes des Ateliers et Usines 419

Astronomie, Géodésie et Météorologie

Annales de l'Observatoire Royal de Belgique . . . 659, 789
Annuaire du Bureau des Longitudes (1919). 120
The Adolfo Stahl Lectures in Astronomy 225
Berget (A.). — Topographie. 548
Baillaud (Jules). — Manuel de Topométrie. Opérations sur le terrain et calculs 702
Clerc (L. P.). — Applications de la Photographie aérienne 187

Hubert (Henry). — L'hivernage de 1918 au Sénégal. . 595
Jeans (J. H.). — Problems of Cosmogony and Stellar dynamics 501
Mascart (J.). — Vie et travaux du chevalier J. Ch. de Borda (1733-1799) 733
Moreux (Abbé Th.). — Comment prévoir le temps. Météorologie pratique. 382
Plummer (H. C.). — An introductory treatise on dynamical Astronomy 634
Reynaud (Dr P.). — Etude sur le système solaire. Nouvelle loi des distances des planètes et des satellites. 256
Rouch (J.). — Manuel pratique de météorologie. . . . 87
Roussilhe (H.). — Applications de la photographie aérienne aux levés topographiques de précision . . 672
Saconney (J. Th.). — Métrophotographie. 187
Schouten (W. J. A.). — On the determination of the principal laws of statistical astronomy. 157

2° SCIENCES PHYSIQUES

Physique

Bloch (Léon). — Précis d'Electricité théorique 548
Bouthillon (L.). — La théorie et la pratique des radiocommunications 257
Campbell (Norman Robert). — La théorie électrique moderne. Théorie électronique 383
Chevallier (H.). — Cours pratique d'Electricité industrielle 703
Claude (Georges). — L'Electricité à la portée de tout le monde. Causeries sur le radium 287
Courtoy (F.). — Production économique de l'électricité dans les régions industrielles. 502
Deprez (Marcel) et Soubrier (M.). — Les lois fondamentales de l'Electrotechnique. 420
Escard (Jean). — Les fours électriques de laboratoire. 502
Fleming (J. A.). — The principles of electric wave Telegraphy and Telephony 383
Huyghens (Christian). — Traité de la lumière 551
Jumau (L.). — Etude résumée des accumulateurs électriques. 159
Makower (W.) et Geiger (H.). — Mesures pratiques en Radioactivité 158
Marmier (Mlle J.). — Formation naturelle du mineur instrumental par la résonance 790
Maurer (P.). — Radiotélégraphie pratique et Radiotéléphonie. 635
Nègre (F.) et Beauvais (P.). — Calcul, construction et essais d'une dynamo à courant continu 188
Pomey (J.-B.). — Introduction à la théorie des courants téléphoniques et de la radiotélégraphie 734
Poynting (John Henry). — Collected scientific papers. 766
Razous (Paul). — Théorie et pratique du séchage industriel 57
Rougier (Louis). — La matérialisation de l'Energie. . 286
Soddy (Fred.). — Le radium. 225
Soubrier (Maurice). — Précis d'Electricité générale et notions d'Electrotechnique 88
Szarvady (G.) — Unités électriques. 257
— Théorie des enroulements des machines à courant continu 383
Toricès (E.) et Curchod (A.). — Schémas et règles pratiques du bobinage des machines électriques. . 257
Turpain (Albert). — Mesures électrotechniques. . . . 672
Turrière (Em.). — Le problème des objectifs de longue-vue dans la dioptrique contemporaine. 320

Chimie

Aluminium and its light alloys. 420
Anglès d'Auriac. — Leçons de Sidérurgie 384
Blount (B.), Woodcock (W. H.) et Gillett (H. J.). — Cement. 766
Bouchonnet (A.). — Bismuth, Etain, Plomb 258
Classen (Alex.). — Quantitative Analysis by Electrolysis 320
Colomer (F.). — Combustibles industriels. 57
Delacre (M.). — Histoire de la Chimie 549
Demoussy (E.). — Engrais, amendements, produits anticryptogamiques et insecticides. 123
Denigès (Georges). — Leçons d'Analyse qualitative sur les éléments métalloïdes et leurs principaux dérivés. 188
Doelter (C.). — Traité de Chimie minéralogique . . 673
Ducloux (E. Herrero). — Disertaciones quimicas . . . 321
Escard (Jean). — Les fours électriques industriels et les fabrications électrothermiques 159
Eykman (J.). — Recherches réfractométriques. 793
Fahrenwald (A.-W.). — The cyanide process. Its control and operation. 122
Forcrand (R. de). — Cours de Chimie. 226
Gages (Général). — Cours de Métallurgie. Métallurgie des alliages métalliques et des métaux autres que le fer. 502
Gibbs (W.). — L'équilibre des substances hétérogènes. 420
Grard (C.). — L'aluminium et ses alliages 703
Henri (Victor). — Etudes de Photochimie 122
Hollard (A.) et Bertiaux (L.). — Analyse des métaux par électrolyse. 160
Kling (André). — Les progrès de la Chimie en 1918. . 636
Lambling (Emile). — Précis de Biochimie. 420
Langlois (M. C.). — Contribution à l'étude des transpositions dans la série du camphène 88
Lecocq (Eugène et Louis). — Les fours à coke 384
Lespieau (R.). — La molécule chimique. 384
Levasseur (Alb.). — L'Electrochimie et l'Electrométallurgie. 159
Lyon (Dorsey A.) et Ralston (Oliver C.). — Innovations in the metallurgy of lead. 57
— Recovery of zinc from low-grade and complex ores. 463
Martin (Geoffrey). — Triumphs and wonders of modern Chemistry. 595
Mayer (Ch.). — L'industrie chimique aux Etats-Unis. 288
Molinari (E.). — Chimie générale et industrielle . . . 794
Reimen (P.). — Guide pratique du chimiste de charbonnages et fours à coke 258
Roux (Eug.) et Muttelet (C. F.). — Aliments sucrés. 735
Sabatier (P.). — La catalyse en Chimie organique. . . 735
Treadwell (F. P.). — Analyse quantitative. 88
Varlot (J. G.). — Traité théorique et pratique de la coloration du papier par les matières colorantes dérivées du goudron de houille 23
Villavecchia (V.). — Traité de Chimie analytique appliquée 766

3° SCIENCES NATURELLES

Géographie

Annuaire général de Madagascar et dépendances. . . . 385

Géologie, Minéralogie et Paléontologie

Boule (Marcellin). — Les grottes de Grimaldi (Baoussé-Roussé). 189
Buttgenbach (H.). — Les minéraux et les roches . . 385
Montessus de Ballore (F.). — Bibliografia general de terremotos y temblores. 636
Osborn (Henri Fairfield). — Equidae of the Oligocene, Miocene and Pliocene of North America. Iconographic type Revision. 736
Seward (A. C.). — Fossil Plants 88
Woods (Henry). — Palaeontology. Invertebrate. . . . 258
Bulletins et Mémoires du Service géologique de l'Indo-Chine 795

Botanique et Agronomie

Colin (H.). — L'inuline chez les végétaux. 123
Eriksson (Jakob). — Les maladies cryptogamiques des plantes agricoles et leur traitement 767
Gaumann (E.). — Etude sur le développement embryonnaire de quelques Saxifragales. 674
Helten (W. M. van). — Quelques données sur le palmier à huile. 89
— Le rendement des palmiers à huile dans le jardin d'expériences en 1917. 89
Heurn (F. C. van). — Dosage des matières grasses dans les fruits du palmier à huile. 89
Jaccard (Paul). — Nouvelles recherches sur l'accroissement en épaisseur des arbres 288
Lohr (P. J.). — Recherches sur l'anatomie foliaire des plantes alpines, comparées aux plantes de plaine. 673
Maas (J. G. J. A.). — Expériences sur la germination de la graine d'Hévéa. 90
Marel (J. P. van der). — La perméabilité sélective du tégument séminal. 674
Pekelharing. — Quelques remarques sur les enzymes. 674
Picard (F.). — Contribution à l'étude du peuplement d'un végétal; la Faune entomologique du figuier. 258
Prudhomme (Em.). — Plantes utiles des pays chauds. 636
Rutgers (A. A. L.). — Rendements des palmiers à huile 89
Sauvageau (Camille). — Utilisation des algues marines. 540
Sée (Dr P.). — Les maladies du papier piqué 23
Seward (A. C.). — Fossil Plants. 88
Vries (Mlle Eva de). — Recherches sur la fructification et la production des graines après croisements entre espèces du genre *Primula* 673

Zoologie et Biologie générale

Blaringhem (L.). — Les problèmes de l'hérédité expérimentale 58
Boulanger (Henri) — Industrie du cuir. Les peaux des Bovidés coloniaux 226
Dufestel (L.). — La croissance 386
Gallier (A.). — Les Equidés domestiques 123
Joubin (L.). — Le fond de la mer 703
Mac Farlane (J. M.). — The causes and course of organic evolution. A study in Bioenergics 463
Matisse (Georges). — Action de la chaleur et du froid sur l'activité des êtres vivants 550
Spallanzani (Lazare). — Observations et expériences faites sur les animalcules des infusions 551
Thompson (D'Arcy W.). — On growth and form 637
Yung (Em.). — Traité de Zoologie des Animaux Invertébrés 797

Anatomie et Physiologie

Anthony (R.). — Catalogue des collections d'Ostéologie du Muséum 703
Audrain (Dr J.). — Le système de la lymphe et son importance en Pathologie générale 503
Bayliss (W. M.). — An introduction to general Physiology with practical exercices 24
— Les injections intra-veineuses dans le choc des blessés 160
Edridge-Green (F. W.). — The physiology of vision, with spécial reference to colour blindness 421
Gley (E.). — Quatre leçons sur les sécrétions internes . 321
Lavoisier (A. L.). — Mémoires sur la respiration et la transpiration des animaux 551
Legendre (R.). — Alimentation et ravitaillement 386
Schaefer (Sir E. A.). — Les glandes à sécrétion interne . 704
Sherrington (C. S.). — Mammalian Physiology 322
Wheatstone (Sir Charles). — Contribution à la Physiologie de la vision 596

4° SCIENCES MÉDICALES

Médecine et Chirurgie

Florand (A.) et François (M.). — La goutte et l'obésité 768
Laroche (Guy). — Examens de laboratoire du médecin praticien 597
Le Gendre (F.) et Ribadeau-Dumas (H.). — Déontologie et Jurisprudence médicales 797
Lerebde (E.). — Domaine, traitement et prophylaxie de la syphilis 736
Mackenzie (Sir James). — Les symptômes et leur interprétation 704
Morelli (Juan B.). — Pneumotorax artificial y otras intervenciones en la tuberculosis pulmonar 387
Regard (G. L.). — Chapitres choisis de Chirurgie . . . 638

Hygiène et Thérapeutique

Janet (Pierre). — Les Médications psychologiques . . . 227
Lauder Brunton (Sir). — Thérapeutique de la circulation 464
Laumonier (J.). — La Colloïdothérapie ; résultats cliniques 597
Lecointre-Patin (R. et J.). — L'eau pure. Protection et purification des eaux de boisson 387
Masterman (E. W. G.). — Hygiene and Disease in Palestine in modern and in biblical times 289
Rathery (F.). — La cure de Bouchardat et le traitement du diabète sucré 674

5° SCIENCES DIVERSES

Benoist (Charles). — Les nouvelles frontières d'Allemagne et la nouvelle carte d'Europe 290
Bordeaux (Louis). — La question du Rhône 597
Buyse (Omer). — Une Université du travail 322
Cambon (Victor). — L'industrie organisée d'après les méthodes américaines 798
Carnot (R.). — L'étatisme industriel 423
Cerfbeer de Medelsheim (G.). — Conseils pratiques à un directeur d'entreprise commerciale ou industrielle 191
Demangeon (A.). — Le déclin de l'Europe 503
Diehl (Ch.). — Byzance. Grandeur et décadence 59
Gautier (E. F.). — L'Algérie et la Métropole 464
Georges-Gaulis (Berthe). — La France au Maroc (L'œuvre du Général Lyautey) 259
Houssay (Frédéric). — Force et cause 639
Humery (R.) et Joulot (A.). — La question du juste salaire (syst. Rowan) 798
Insabato (Dr E.). — L'Islam et la politique des alliés . 388
Lecat (Maurice). — Pensées sur la Science, la Guerre et des sujets très variés 90
Locard (Dr Edmond). — L'enquête criminelle et les méthodes scientifiques 704
Payen (E.). — Les Monopoles 259
Petitet (A.). — Organisation rationnelle d'une usine travaillant en série 798
Sarkar (Benoy Kumar). — Hindu Achievements in exact Science 191
Varendonck (J.). — La Psychologie du témoignage . . . 387
Willotte (H.) — La science et l'industrie françaises en 1919-1920 798

IV. — ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

Académie des Sciences de Paris

Séances des 15 déc. 1919 . . 25
— 22 et 29 — — 26
— 5 janv. 1920 . . 60
— 12 — — 61
— 19 — — 91
— 26 — — 92
— 2 févr. — 124
— 9 — — 125
— 16 — — 161
— 23 — — 162
— 1er mars — 192
— 8 — — 193
— 15 — — 229
— 22 — — 230
— 29 — — 260
— 6 avril — 261
— 12 — — 291
— 19 — — 323
— 26 — — 324
— 3 mai — 389
— 10 et 17 — — 390
— 25 et 31 — — 424
— 7 juin — 465
— 14 — — 466
Séances des 21 juin 1920 504
— 28 — — 505
— 5 juil. — 552
— 12 — — 553
— 19 — — 598
— 26 — — 599
— 2 août — 600
— 9 — — 601
— 17 — — 640
— 23 et 30 — — 641
— 6 sept. — 641
— 13 — — 642
— 20 et 27 — — 675
— 4 et 11 oct. — 705
— 18 — — 706
— 26 — — 737
— 2 nov. — 738
— 8 — — 769
— 15 — — 770
— 22 — — 799
— 29 — — 800

Académie de Médecine

Séances des 16, 23, 30 déc. 1919 . . 62
— 6 et 13 janv. 1920 . . 27
Séances des 20 et 27 janv. 1920 93
— 3 févr. — 125
— 10 — — 126
— 17 — — 163
— 24 — — 261
— 2, 9 et 16 mars — 262
— 23 — — 291
— 30 — — 291
— 6 avril — 292
— 13, 20 et 27 — — 325
— 4 et 11 mai — 392
— 18 et 25 — — 426
— 1er juin — 426
— 8 — — 506
— 15 — — 507
— 22 et 29 — — 554
— 6, 20 et 27 juil. — 602
— 5 et 12 oct. — 708
— 19 et 26 — — 739
— 2 et 9 nov. — 770
— 16 et 23 — — 801

Société de Biologie

Séances des 13 et 20 déc. 1919 . . 28
— 27 — — 62

Séances des 10 janv. 1920.. 63
— 17 et 24 — — 93
— 31 — — 126
— 7 févr. — 126
— 14 et 21 — — 163
— 28 — — 194
— 6 mars — 231
— 13 et 20 — — 262
— 27 — — 292
— 17 avril — 325
— 24 — — 326
— 1er et 8 mai — 392
— 15 — — 393
— 29 — — 426
— 5 juin — 426, 467
— 12, 19 et 26 — — 507
— 3 juil. — 508
— 10 — — 555
— 17 — — 602
— 24 — — 603, 642
— 31 — — 642
— 16 oct. — 708
— 23 — — 739
— 30 — — 740
— 6 et 13 nov. — 771
— 20 et 27 — — 801
— 2 déc. — 801

Société française de Physique

Séances des 5 et 19 déc. 1919.. 29
— 16 janv. 1920.. 94
— 6 et 20 févr. — 194
— 5 mars — 293
— 19 — — 293
— 16 avril — 326
— 7 mai — 393
— 21 — — 427
— 4 juin — 467
— 18 — — 603
— 2 juil. — 771
— 19 nov. — 801

Société chimique de France

Séances des 12 déc. 1919.. 31
— 26 — — 63
— 23 janv. 1920.. 94
— 13 févr. — 164
— 27 — — 294
— 12 et 26 mars — 295
— 23 avril — 394
— 14 mai — 394
— 28 — — 427
— 11 juin — 468
— 25 — — 555

Section de Strasbourg

Séance du 21 nov. 1919.. 164

Académie d'Agriculture de France

Séances d'octobre 1919.. 64, 94
— de nov. — 64, 94
— de déc. — 64, 94
— d'oct. et nov. 1920 . 801

Société Royale de Londres

Séances des 6 et 13 nov. 1919.. 31
— 20 — — 127
— 4 déc. — 127
— 11 — — 195
— 22 janv. 1920.. 232
— 29 — — 263
— 12 févr. — 295
— 19 — — 296
— 26 — — 394
— 4 mars — 395
— 11, 18 et 25 — — 428
— 22 avril — 508
— 29 — — 555
— 6 mai — 556
— 10 juin — 643
— 24 — — 644, 675

Société de Physique de Londres

Séances des 14 nov. 1919.. 128
— 13 févr. 1920.. 264
— 27 — — 395
— 12 mars — 395

Société chimique de Londres

Séances du 4 déc. 1919.. 32
— 15 janv. 1920.. 196

Société anglaise de Chimie industrielle

Communications. 164, 196, 264, 296, 327

Académie des Sciences de Belgique

Séances des 1er oct. 1919.. 328
— 8 nov. — 328
— 15 déc. — 328
— 10 janv. 1920.. 395
— 7 févr. — 395
— 6 mars — 396
— 10 avril — 803
— 4 mai — 804
— 5 juin — 804
— 3 juil. — 804

Académie des Sciences d'Amsterdam

Séances des 28 juin 1919.. 95
— 27 sept. — 96
— 25 oct. — 96
— 29 nov. — 328
— 27 déc. — 328
— 31 janv. 1920. 396
— 29 mai — 740
— 26 juin — 771
— 25 sept. — 804

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXXI DE LA REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES[1]

A

ABDOMEN. — L'acidose au cours des affections aiguës de l'abdomen 292
ABEILLE. — Forme de l'alvéole 803
ABERRATION. — Théorie de l'aberration sphérique longitudinale 295
ABSORPTION. — Etude de l'absorption, d'après les propriétés des phénols nitrés 425
ACACIAS. — Les A. fournisseurs de gomme arabique. 600
ACADÉMIE. — Elections à l'Académie des Sciences de Paris 129, 165, 197
ACCUMULATEURS. — Etude résumée des accumulateurs. 159
ACÉTYLÈNE. — L'emploi de l'acétylène dans les moteurs à explosion 711
ACIDE. — Dosage et cinétique de l'ac. hypoiodeux . . 63
— Elimination de l'ac. hippurique 126
— Détermination de l'ac. sulfurique en présence d'ac. sulfoniques organiques 164
— Préparation des ac. aliphatiques par oxydation catalytique des alcools primaires. 192
— Production biochimique de l'ac. pyruvique . . . 230
— Le métabolisme des ac. biliaires 267
— Action de l'iode sur l'ac. arsénieux. 323
— Oxydation réversible de l'ac. arsénieux. 295
— Le pouvoir stérilisant des acides. 324
— Ac. iodique réactif microchimique 324, 598
— Décomposition catalytique des ac. gras par le carbone. 389
— Cas d'isomérie dans la série des α-cétoac. aromatiques. 465, 640
— Action de l'ac. cyanhydrique sur l'organisme des plantes. 466
— Recherches sur les sels polyacides des acides monobasiques. 466, 800
— Réaction de l'ac. benzoïque 552
— Analyse microchimique de l'ac. cyanique 707
— Recherche de l'ac. lactique dans le suc gastrique. 708
— Dégradation des acides saturés bibasiques . . . 737
ACIER. — Microretassures des lingots d'acier 125
— Résistance des aciers à la coupe des outils . . . 192
— Recherches sur les aciers au nickel . . 466, 504, 505, 553, 800
— L'acier 596
— Le point A_3 des aciers et la martensite 737
ACMOPYLE. — Structure et affinités de l'*A. Plancheri*. . 556
ACROLÉINE. — Sur la stabilisation de l'acroléine . . 60
ACTINOMÈTRES. — Etalonnage de deux actinomètres . . 230
— Actinomètres d'Arago et de Bellani 261
ACTUAIRE. — Introduction à la science actuarielle . . 256
ADSORPTION. — Adsorption des gaz aux concentrations faibles et modérées. 127
AÉRODYNAMIQUE. — Nouv. méthode d'essai de modèles. 799
AFFINITÉ. — Atomes et affinité chimique 467
AFRIQUE. — La production du kapok en A. O. F. . . . 332
— Richesses minérales de l'Afrique du Nord 558
AGGLUTINATION. — L'agglutination des poudres solides par compression. 33
AGRICULTURE. — Loi sur les Chambres d'Agriculture. 94
AIMANTATION. — Le coefficient d'aimantation des sels paramagnétiques. 775
AIR. — Equation caractéristique de l'air atmosphérique. 25
— La purification électrique de l'air 229
ALCALOÏDES. — Signification biologique dans les plantes. 739
ALCOOL. — Fabrication synthétique de l'alcool ou de l'éther à partir des gaz de distillation de la houille. 60
ALCOOL. — Déshydrogénation des alcools primaires et secondaires par oxydation catalytique . . . 124, 706
— Sur le prétendu pouvoir dynamogène de l'alcool. 231
— Elimination urinaire de l'alcool 268
— Sur l'alcool myricique de Brodie. 291
— Action de l'alcool benzylique sur les toxines et sur la tuberculine 326, 740
— Détermination de la composition des mélanges d'alcool et d'eau par conductibilité 332
— Sur les alcools du type cinnamique. 468
— L'alcool aliment 714
— Déshydrat. catalytique de l'alcool amylique . . . 769
ALCOOLISME. — Recherches toxicologiques sur l'alcoolisme aigu chez l'homme 164
ALGÈBRE. — Elements of Vector Algebra 23
ALGÉRIE. — L'Algérie et la métropole. 464
ALGUE. — Parasitisme d'une algue rouge 27
— Variation saisonnière dans la composition chimique des Algues marines 27
— Photosynthèse chez les Algues d'eau douce . . . 296
— Les algues marines comme aliment de travail pour le cheval 506
— Utilisation des Algues marines. 549
— Algues floridées productrices de gélose. . . 675, 705
ALIMENTATION. — Alimentation et ravitaillement . . . 386
ALLIAGES. — Dilatation des alliages Cu-Sb 61
— Sur les alliages de Cu, Zn et Ni 162
— Alliages d'oxydes 323
ALSACE-LORRAINE. — La valeur économique de l'Alsace et de la Lorraine 268, 300, 400, 431
ALUMINIUM. — Sur l'Al spontanément oxydable à l'air. 26
— Aluminium and its light alloys 420
— Emplois de l'Al dans la construction des machines. 463
— Action catalysante de l'Al dans la préparation des benzènes chlorés. 466
— L'Al dans l'industrie électrique 470
— L'aluminium et ses alliages 703
AMANITES. — Détermination d'Amanites vénéneuses à l'aide de réactions colorées 229
AMBIDEXTRE. — Faut-il devenir ambidextre?. 126
AMINES. — Préparation d'amines par catalyse 390
AMMONIAC. — Synthèse de l'ammoniac aux pressions très élevées. 91, 510
— Transformation en urée 799
AMPHIBIENS. — La respiration chez les A 804
AMPUTATIONS. — Les amputations cinématiques . . . 62
ANALYSE. — Nouvelle méthode d'analyse physico-chimique des précipités 25
— Analyse quantitative. 88
— Leçons d'Analyse qualitative sur les éléments métalloïdes et leurs principaux dérivés 188
— Quantitative Analysis by Electrolysis. 320
— Sels doubles et analyse physico-chimique. . . . 505
— L'analyse chimique par les rayons positifs. . . . 664
— An introduction to combinatory Analysis. 789
ANAPHYLAXIE. — Anaphylaxie à l'antipyrine. 92
— L'anesthésie et l'anaphylaxie 466
— L'anaphylaxie et les eaux minérales. 467
ANATOMIE. — Revue d'Anatomie 582
— Catalogue des collections d'Ostéologie du service d'Anatomie comparée du Muséum d'histoire naturelle. 703
ANÉMIE. — A. graves en Annam. 708
ANÉMOMÈTRES. — Variation des indications des anémomètres 193
— Anémomètre à oscillations électriques 391
— Anémomètre à fil chaud directionnel 395
ANÉMONES. — La transplantation des Anémones de mer par le Bernard l'Ermite. 332

1. Les chiffres gras reportent aux articles originaux.

ANESTHÉSIE. — L'anesthésie et l'anaphylaxie 466
ANGINE. — Guérison de l'angine de poitrine par résection du sympathique cervico-thoracique 708
ANHYDRIDE. — Existence de l'anhydride nitreux gazeux. 61
ANNIVERSAIRE. — Un anniversaire ignoré. 713
ANOPHÈLE. — Action du trioxyméthylène en poudre . . 553
ANTARCTIQUE. — L'Expédition britannique de John L. Cope dans les régions antarctiques 560
— Variation diurne de la température dans l'A. . . 738
ANTHOCYANE. — Les propriétés tinctoriales de quelques pigments anthocyaniques et de leurs dérivés . . . 67
ANTHOZOAIRES. — Phases du développement chez les Anthozoaires 62, 598
ANTICORPS. — Conception uniciste des anticorps . . . 325
— Séparation des anticorps et antigènes. 708
ANTIGÈNES. — Effets et constitution 707
ANTIMONIOXYIODURES. — Les antimonioxyiodures. . . 424
ANTIPATHAIRES. — Recherches sur les A. . . . 642, 707
APOPHYSE. — Sur l'apophyse paramastoïde . . . 260, 324
APPAREIL. — Nouvelle classe d'app. de mesure. . . . 640
ARBRES. — L'accroissement en épaisseur des arbres. . 288
ARC. — Arc à mercure à courant alternatif 162
— Pression sur les pôles des arcs métalliques . . . 428
ARGILES. — Relations entre la composition chimique, la structure microscopique et les qualités céramiques des argiles 25
ARMORIQUE. — Tectonique du Massif armoricain . . . 705
ARSENIC. — Dosage de l'As dans l'étain et les étamages. 26
ARTICULATION. — Rech. sur l'articulation temporo-maxillaire 28, 292, 326
ARTILLERIE. — L'évolution de l'Artillerie pendant la guerre 319
ASCIDIE. — Colorants et dégénérescence chez les A. . 552
ASIE. — Les explorations du Dr Marc-Aurel Stein dans les déserts de Takla-Makan et de Lob. 608
ASPHODÈLE. — Race nouvelle d'Asphodèle. 425
ASTIGMATISME. — Méthode nouvelle de mesure et de compensation de l'astigmatisme instrumental. 390, 771
ASTRE. — Formation d'un astre isolé dans une nébuleuse homogène indéfinie. 60
ASTROLABE. — L'A. à prisme type S. O. M. 738
ASTRONOMIE. — On the determination of the principal laws of statistical Astronomy 157
— The Adolfo Stahl Lectures in Astronomy. 225
— Application des méthodes interférentielles. . . . 552
— An introductory treatise on dynamical Astronomy. 634
ATELIERS. — Construction et installations modernes des Ateliers et Usines 419
TMOSPHÈRE. — Sondages de l'atmosphère par ballons libres 124
— Relation entre les mouvements et les températures des hautes couches atmosphériques 193, 230
— La culture produit-elle une augmentation des précipitations atmosphériques? 234
— Courants de convection dans l'atmosphère. . . . 552
— Inversions de température dans les couches basses. 642
ATOME. — L'effet du passage d'un rayon α à travers un atome 398
— La constitution nucléaire des atomes 429
— Sur les atomes et l'affinité chimique 467
ATTELAGES. — Sur le travail des attelages. 64
AUDIONS. — Etude graphique du fonctionnement des audions 26
AUDITION. — Une nouvelle théorie de l'audition . . . 679
AURORE. — Rayons auroraux à 500 km. 642
AUSCULTATION. — A. du tube digestif. 770
AUSTRALIE. — Les relations économiques de la France et de l'Australie. 90
AUTUNITE. — Age des autunites du Portugal. 799
AVIATION. — L'aviation de transport 122
AVIONS. — Sur les plus grandes distances franchissables par les avions et les plus grandes vitesses réalisables : 161
AVITAMINOSE. — Mécanisme des lésions dans l'avitaminose. 467
AXOLOTL. — Métamorphose artificielle de l'Axolotl. 100, 235
AXONGE. — Hydrophilie de l'axonge cholestérinée. . . 35
AZOTE. — Constante de dissociation du peroxyde d'azote. 26
— Vitesse de l'oxydation du bioxyde d'azote 92
AZOTITE. — Oxydation réversible de l'azotite de sodium. 91
AZOTURE. — Sur le sous-azoture de carbone 389

B

BACILLE. — Développement du bac. tuberculeux. 426, 467
— Composition chimique du bac. tuberculeux. 504, 743
— Formation de races asporogènes du *Bac. anthracis*. 505
— Extraits alcooliques de bac. tuberculeux 507
BACILLE. — Sous-races de bacilles pyocyanoïdes . . . 640
— Recherche du bac. tuberculeux dans le sang. . . 708
BACTÉRIDIE. — Bile et bactéridie charbonneuse . . . 28
BACTÉRIES. — Sur le polymorphisme des Bactéries. . . 291
BACTÉRIOPHAGE. — Rech. sur le bactériophage de d'Hérelle 126, 194, 392, 739
BACTÉRIOTHÉRAPIE. — Bactériothérapie par extraits microbiens 466
BERNARD L'ERMITE. — La transplantation des Anémones de mer par le Bernard l'Ermite. 332
BÉTONS. — Sur les bétons légers 162
— Calculs graphiques et analytiques du béton armé. 381
— Application de la résistance des matériaux au calcul des ouvrages en béton armé 789
BETTERAVE. — Amélioration de la betterave sucrière en France. 95
BICEPS. — La formation progressive du biceps crural. 292
BIOCHIMIE. — Précis de Biochimie 420
BIRÉFRINGENCE. — Biréfringence et dichroïsme des fumées. 466
BISMUTH. — Bismuth, Etain, Plomb 258
— Succédané du sous-nitrate de bismuth 325
BLÉ. — Maturation et germination 675, 803
BOBINAGE. — Bobinage des machines électriques . . . 257
BOIS. — Les caractères microscopiques des déformations mécaniques dans le bois 32
— Sur la « structure étagée » de certains bois . . . 231
— Canaux sécréteurs radiaux du bois 675
BOMBYX. — Œufs intermédiaires chez le Bombyx du mûrier 389
BOTANIQUE. — Recueil des Travaux botaniques néerlandais 673
BOTRYTIS. — Forme de *Botrytis cinerea* à sclérotes incolores 428
BOURGEON. — Variations des B. des arbres et arbustes cultivés. 799
— Régénération de B. des racines de Chicorée . . . 803
BOURRELET. — Rôle du bourrelet chez les plantes greffées 124, 504
BOUTON. — Le premier cas de contagion du bouton d'Orient 262
BOVIDÉS. — Les peaux des Bovidés coloniaux 226
BRESSE. — La Bresse chalonaise et ses terrasses . . . 601
BRETAGNE. — Mer redonienne de Bretagne 91
BRIANÇON. — Tectonique des environs de Briançon . . 737
BROME. — Chlorure de brome; combinaison avec l'éthylène 465
— Dosage de traces de brome. 737
— Brome normal des tissus animaux 769
BROUILLARDS. — Fréquence des brouillards dans le Sahara oriental 466
BYZANCE. — Byzance. Grandeur et décadence 59

C

CALCAIRE. — Cristaux de quartz et feldspath dans les C. 738
CALCIUM. — L'absorption du calcium par les racines des plantes et propriétés antitoxiques vis-à-vis du cuivre 162
CALCUL. — Le Calcul intégral et différentiel à la portée de tout le monde 381
— Cours d'exercices sur le Calcul mathématique. 463
CALORIES. — L'économie des calories **133**
CAMPHÈNE. — Transpositions dans la série du camphène 88
CAMPHÈNEGLYCOL. — Iodhydrines du camphèneglycol. 295
CANAL. — Les débuts du canal de Panama 36
— Le canal de Suez pendant la guerre 69
CANCER. — Le problème du cancer **210**
— Suractivité trophique, cellule géante et cancer . 467
— Dosage du ferment protéolytique dans le suc des tumeurs et le sérum des cancéreux 508
— Parenté des albumines des tumeurs et du sérum des cancéreux. 603
— Rapports entre les cancers et les tourbières . . 739
CAOUTCHOUC. — Examen d'un caoutchouc factice . . 294
— Diffusion à travers une membrane de caoutchouc. 428
— Nouveau procédé de vulcanisation du caoutchouc. 558
— La perméabilité du caoutchouc aux gaz 711
CAPELLA. — Observations récentes sur Capella . . . 398
CARBONE. — Production de l'oxyde de carbone dans les flammes de différents gaz 26
— Préparation et propriétés des formes actives du carbone 198
CARBONIFÈRE. — Carbonifère inférieur et moyen du Portugal 61
CARBURES. — Production de carbures acétyléniques vrais à partir de l'épidibromhydrine 505

Carènes. — Formes de carènes de moindre résistance à leur translation à air libre à toutes les vitesses 193
Carmin. — Sur le carmin aluné et son emploi en Histologie végétale 91
Carotte. — Tubérisation aseptique de la carotte et du dahlia 163
Cartilage. — Développement et évolution du cartilage. 93
Casse. — Sur la casse bleue des vins 26, 390
Castration. — Castration chez les coqs 25, 800
— Conséquences de la castration partielle 740
Catalyse. — Etude des actions catalytiques sur les surfaces solides 128, 508
— Vieillissement des catalyseurs colloïdaux . . . 601
— Etat actuel de la catalyse **681**
— La catalyse en Chimie organique 735
Caucase. — Le terrain carbonifère du Caucase . . . 60
— Structure de l'isthme caucasique 737
Cause. — Force et cause 639
Cécité. — The physiology of vision, with special reference to colour blindness 421
Cellule. — Structure de la cellule végétale et son métabolisme 231
— Sur l'imitation des cellules 506
— La signification des cellules migratrices . . . **727**
Céréales. — Indicateur de la teneur en humidité . . 738
Cétacés. — L'exorchidie du *Mesoplodon* et la remontée des testicules au cours de la phylogénie des Cétacés 192
Cetimines. — Sur les cétimines . . . 294, 323, 394, 465
Chaleur. — Origine de la chaleur solaire et stellaire . 505
— Action de la chaleur et du froid sur l'activité des êtres vivants 550
— Ch. spécifique des vapeurs saturées 641
Champignon. — Champignon intermédiaire entre les — Levures et les *Endomyces* 28
— Toxicité du *Tricholoma tigrinum* Sch 93
— Obtention expérimentale de la sexualité chez les champignons 124
— Immunité des plantes annuelles vis-à-vis des champignons symbiotiques 194
— Fructifications de champignons découvertes dans l'ongle par Louis Jannin 260
— Les vitamines et les champignons 263
Charbon. — Chauffage par le charbon pulvérisé . . **112**
— Sur la constitution du charbon 196
— L'absorption du chlore par le charbon de bois pulvérisé 234
— Méthode pour déterminer les températures relatives d'inflammation spontanée des charbons 264
— Une nouvelle caractéristique du charbon; la courbe d'agglutination 327
— Chaleur d'absorption des vapeurs par le charbon de bois 742
Charbonnages. — Guide pratique du chimiste de charbonnages et fours à coke 258
Chaudières. — Le chauffage des chaudières à l'électricité 197
— Méthodes économiques de combustion dans les chaudières à vapeur 381
Chauffage. — Le chauffage industriel par le charbon pulvérisé **112**
Chenille. — Alimentation des chenilles *Pieris* et *Euchlœ* 63
— Immunité de la chenille contre divers microbes 127
— Oenocytoïdes et tératocytes du sang des chenilles 426
Chersodromia. — Perte de la faculté de vol 769
Cheveu. — Couleur des yeux et des cheveux chez les Français **519**
Chimie. — Cours de Chimie 226
— Disertaciones quimicas 321
— Histoire de la Chimie 549
— Triumphs and wonders of modern Chemistry . . 595
— La Chimie française et les problèmes de la guerre **610**
— Les progrès de la Chimie en 1918 636
— Traité de Chimie minéralogique 673
— Traité de Chimie analytique appliquée 706
— Chimie générale et industrielle 794
Chirurgie. — Chapitres choisis de chirurgie 638
Chlore. — Action du chlore sur les végétaux . . . 161
— Séchage du chlore par la tournure de fer 164
Chloroformiates. — Sur les chloroformiates de méthyle chlorés 31
Chlorophylle. — Recherches sur la chlorophylle . . 162, 231, 506, 738
Chloropicrine. — Action de la chloropicrine sur divers organismes. 27, 125, 164, 261, 426, 467, 554, 641
Chlorure. — Le chlorure d'éthyle 196
Chlorure. — Production de chlorures par réactions amorcées 552
Choc. — Les injections intra-veineuses dans le choc des blessés 160
— Le choc par contact 507
— Ondes de choc des corps solides 641, 737
— Ondes de choc ; réfraction et mirage 706
— Procédé pour éviter le choc anaphylactique . . . 707
Cholestérine. — Mode de formation des calculs de C. 643
Chondriome. — Recherches sur le chondriome des cellules. 60, 91, 124, 125, 163, 425, 506, 554, 600, 707, 800
Chrome. — Nouvelle forme complexe du sulfate chromique 25, 504
Chromosomes. — Les dimensions des chromosomes . . 195
Chronaxie. — Imbibition et chronaxie du muscle . . 555
Chronomètres. — Organes réglants des Chr 641
Chronophotographie. — Chronophotographie du coup de canon de 37 mm. Technique photographique 30
Chutes. — Le rôle de l'utilisation des chutes d'eau dans l'extension de l'activité industrielle et agricole 382
Ciment. — Cement 706
Cinématographie. — Cinématographie ultrarapide 29
Circulation. — Thérapeutique de la circulation . . . 464
Cire. — Sur l'alcool cérylique et l'acide cérotique de la cire de Chine 425
Cobalt. — Constitution de deux amines cobaltiques. 230
— Complexes cobaltiques 61
Coccyx. — Premiers stades du développement du glomérule coccygien chez l'homme 291
Coecum. — Régénération chez le lapin 323
Cœur. — Troubles du rythme cardiaque provoqués chez le chien par le chlorure de sodium 28
Coléoptères. — Les pièces buccales et l'alimentation des Coléoptères lamellicornes 390
Collapsus. — Collapsus circulatoire et transfusion. 68
Colloïdes. — Propriétés des systèmes colloïdaux . . 296
— Viscosité des solutions colloïdales 465
Colloïdothérapie. — La colloïdothérapie, résultats cliniques 597
Colonie. — Colonies de vacances des régions libérées. 801
Colorant. — Nouveau colorant indigoïde 598
Combustible. — La crise du combustible et ses remèdes **37**
— Combustibles industriels 57
— Le combustible liquide **79**
— La température d'inflammation spontanée des combustibles liquides 99
— La meilleure utilisation des combustibles . . . **102**
— Le combustible colloïdal **146**
— Le gaspillage des combustibles 419
— Valeur d'usage des combustibles 505
— La crise du combustible et ses remèdes 765
Combustion. — Combustion sulfochromique des éthers 192
— Méthodes économiques de combustion dans les chaudières à vapeur 381
Comète. — La comète 1920 *b* 599
— Les comètes périodiques et leur origine 677
Complément. — Fixation du complément chez les tuberculeux 28
Composées. — Embryogénie des C 599
— Variations de la sexualité 03
Compressibilité. — C. des liquides sous haute pression 394
Conducteurs. — Les conducteurs cylindriques parallèles égaux dans les problèmes électriques 127
Coniques. — Nouvel appareil pour le tracé des coniques 329
Constructions. — L'Industrie des constructions navales 297
Convoluta. — Variations de sensibilité à l'eau douce. 799
Corps. — Propriétés mécaniques des corps plastiques 707
— Détermination du nombre de constituants indépendants d'un système de corps 707
Correspondance. — C. des corps à l'état solide . . . 599
Cosmogonie. — Problems of Cosmogony and stellar Dynamics 501
Coups de bélier. — Etude des coups de bélier. 733, 738
Courants. — Distribution dans le sol des courants émis par les lignes de traction électrique 261
— Utilisation de la détente pour la production des courants d'air de grande vitesse 293
— Amplification des courants dans la flamme d'un bec Bunsen 557
— Introduction à la théorie des courants téléphoniques et de la radiotélégraphie 734
Courbe. — Méthode graphique pour construire une courbe au moyen de l'inverse d'une des variables. 266

Criquets. — La lutte contre les criquets ravageurs des récoltes **718**
Cristal. — Recherches sur les cristaux au moyen des rayons X. 25, 61, 124, 161
Croissance. — La croissance 386
— On growth and form 637
Crustacés. — Sur le pigment rouge des Crustacés. 507, 508
Cryptoniscien. — C. nouveau, parasite au 2e degré... 554
Cténophores. — Les modifications causées chez des Cténophores par le genre de vie 267
Cuir. — Industrie du cuir. Les peaux des Bovidés coloniaux. 226
Cuivre. — Distribution et migration dans les plantes vertes.. 62
— Action favorable sur la végétation 506
— Pénétration réciproque du zinc et du cuivre . . . 553
— Action catalytique sur l'oxydation des sels ferreux 553
— Présence du cuivre dans les plantes 598
— Propriétés antitoxiques vis-à-vis des sels ferreux 599
— Entraînement par les précipités d'oxyde ferrique. 601
— Activité catalytique du cuivre 676
— Non toxicité du cuivre pour les moisissures . 707, 802
Cupferron. — Sur les sels de cupferron 324, 555
Cyanogène. — Origine des bandes du cyanogène . . 676
Cyanure. — The cyanide Process 122
Cyclostègues. — Les Cyclostègues de d'Orbigny . . . 25
Cyprin. — Régime alimentaire du Cyprin doré de Madagascar.. 391
Cytoplasme. — Les éléments figurés du cytoplasme . 194

D

Décrépitation. — Séparation des minéraux par décrépitation 32
Dent. — Etoile dentaire du cheval et du bœuf 603
Déontologie. — Déontologie et Jurisprudence médicales. 797
Dermatose. — Une affection précancéreuse : la dermatose de Bowen 426
Déversoir. — Etude de l'écoulement en déversoir à l'aide de la chronophotographie 391
Diabète. — La cure de Bouchardat et le traitement du diabète sucré 674
Diamagnétisme. — Le diamagnétisme dû aux électrons libres 508
Diamant. — Nature du conglomérat diamantifère . . 640
Diamide. — Synthèse par oxydation du sucre et de l'ammoniaque. 640
Diatomées. — Présence sur la peau des baleines . . . 676
Dibenzoylméthane. — Le prétendu D. de Wislicenus . 800
Dicétones. — Action de l'hydrazine sur les dicétones 1 : 4 acycliques 425, 552
Dichroisme. — D. électrique des fumées et diffraction. 800
Diélectriques. — Des diélectriques pour les oscillations de haute fréquence 127
— Perte d'énergie dans le diélectrique des câbles . . 193
Diffusion. — Diffusion à travers une membrane de caoutchouc. 428
— Intensité lumineuse diffusée par l'argon 738
Diphtérie. — Immunité diphtérique par l'intradermoréaction à la toxine diphtérique 506
Directeur. — Conseils pratiques à un directeur d'entreprise commerciale ou industrielle 191
Disaccharides. — Sur la synthèse biochimique et en particulier sur celle des disaccharides **715**
Dispersion. — Réfraction et dispersion de CO^2, CO et CH^4. 394
— Observation de la dispersion anormale par la méthode des prismes opposés 395
Distribution. — Méthode pour l'étude des problèmes de relation et de distribution géographique . . . 648
Dosage. — Dosage volumétrique des dérivés nitrés aromatiques. 31
Dynamo. — Calcul, construction et essais d'une dynamo à courant continu 188
Dysenterie. — Caractères différentiels des bacilles observés au cours de la dysenterie bacillaire . . 28
Dyspepsies. — Les dyspepsies chroniques des gazés . 262

E

Eaux. — Sur l'épuration des eaux d'égout par les boues activées 61, 230, 264, 553
— Décomposition de H^2O^2 par Pt colloïdal 504
— Thermométrie des eaux atlantiques 799
Echelle. — L'échelle rectiligne à divisions équidistantes appliquée à la mesure et à la division des angles 465
Ecoll. — Une Ecole de perfectionnement industriel. . **778**
Ecorce. — Les mouvements ascensionnels de l'écorce terrestre 161, 193
Ecoute. — Réalisation d'un dioptre sonore entre l'eau et l'air. Application à l'écoute sous-marine. . . . 326
Ecran. — Les écrans renforçateurs et le spectre des rayons X 393
Effet. — Sur la dilatation occasionnée par l'effet Joule au contact de deux solides. 425
— Effet galvanométrique parallèle aux lignes de force et normal au courant 466
— Analyse de trois effets galvanomagnétiques . . . 505
Electricité. — Précis d'Electricité générale et notions d'Electrotechnique 88
— L'Electricité à la portée de tout le monde 287
— La théorie électrique moderne. Théorie électronique 383
— Production économique de l'électricité dans les régions industrielles 502
— Précis d'Electricité théorique 548
— Cours pratique d'Electricité industrielle 703
— Propriété des corps peu conducteurs de l'E . . . 800
Electrochimie. — L'Electrochimie et l'Electrométallurgie 159
Electrolyse. — L'E. par les courants alternatifs . . 232
— Quantitative Analysis by electrolysis 320
— Electrolyse des solutions pures d'HCl. 801
Electrolytes. — Les électrolytes colloïdaux 296
Electrons. — Possibilité d'expulser des électrons hors des métaux par des champs électriques intenses . . 607
— Effets des collisions d'électrons avec le néon . . 676
Electrotechnique. — Les lois fondamentales de l'Electrotechnique 420
— Mesures électrotechniques 672
Elephas. — Découverte d'un squelette dans les sables de Chagny 601
— Phylogénie de l'*E. meridionalis* 737
Encéphalite. — Sur l'encéphalite léthargique, 62, 93, 125, 262, 263, 292, 325, 393, 426
Energie. — La matérialisation de l'Energie 286
— Sur le transport de l'énergie électrique à grande distance 323, 324
Engrais. — Engrais, amendements, produits anticryptogamiques et insecticides 123
— L'emploi des gaz épuisés de hauts fourneaux comme engrais carbonique 132
Enquête. — L'enquête criminelle et les méthodes scientifiques. 704
Enroulements. — Théorie des enroulements des machines à courant continu 383
Entomologie. — Revue d'Entomologie pour les années 1910-1914 . . . . . **110, 155**
Epicaridé. — Sur un nouvel Epicaride, parasite d'un Sphéromide. 27
Epicéa. — Tumeurs bactériennes expérimentales. . . 739
Epiderme. — Des filaments spiralés de l'épiderme . . 263
Epilepsie. — Le tartrate boricopotassique et la médication borée dans le traitement de l'épilepsie. 426, 770
Eponge. — Association et réactions mutuelles d'une Tubulaire et d'une Eponge 467
Equation. — Résolution de l'E. générale du 5e degré. . 800
Equation d'état. — Sur une nouvelle amélioration de l'équation d'état des fluides. 25, 291
Equatorial. — Un modèle rustique d'équatorial . . . **169**
Equidés. — Les Equidés domestiques. 123
— Equidae of the Oligocene, Miocene and Pliocene of North America. Iconographic type revision . . . 736
Equilibre. — L'équilibre des substances hétérogènes. 420
Ergeron. — La faune quaternaire de la base de l'Ergeron à Cambrai. 261
Erreurs. — Le balancement des erreurs 395
— Réduction des erreurs par combinaison linéaire. 644
Eskers. — Les eskers irlandais 555
Espagnols. — Etude anthropométrique 800
Esquimaux. — Les Esquimaux; leur origine et leur développement 711
Essieux. — Genèse des fissurations de certains essieux. 390
Etain. — Bismuth, Etain, Plomb 258
— Séparation de l'étain et de l'antimoine. Dosage de l'étain par le cupferron. 390
Etalons. — Mesure et comparaison des étalons à bouts plans 161
Etamine. — Métamorphose en carpelles chez les *Papaver* 801
Etatisme. — L'étatisme industriel. 423
Etats-Unis. — L'Industrie chimique aux Etats-Unis. . 288
Ethers. — Sur la décomposition des éthers nitriques par la chaux 32

Ethers. — Préparation catalytique des éthers-oxydes. 125
— L'équation d'état de l'éther 291
— Etat critique de l'éther éthylique 505
Ethnographie. — L'ethnographie des pays roumains. 333
— Revue d'Ethnographie **692**
Ethylène. — Le disulfure d'éthylène 552
Etoile. — Température de formation d'une étoile . 505
— Pouvoirs absorbants des atmosphères des étoiles . 640
— Couches successives de l'atmosphère des E. . . . 641
— La nouvelle étoile du Cygne 641, 642
— Photographie des E. en plein jour 706
— Nouvelle E. variable à courte période 769
Euclide. — Euclid in Greek 765
Europe. — Les nouvelles frontières de l'Allemagne et la nouvelle carte d'Europe 290
— Le déclin de l'Europe 503
Evaporation. — L'évaporation spontanée des solutions. 645
Evolution. — L'étude biochimique de l'évolution des êtres et l'évolution des protéines 34
— Sur le concept général d'évolution **101**
— Causes and course of organic evolution. 463
Exercice. — Effets de l'exercice et de la chaleur humide sur le pouls, la pression sanguine, la température du corps et la concentration du sang 32
Explosions. — Le spectre des explosions. 234
— Expériences sur l'onde de pression produite par les explosions sous-marines 508
Extincteurs. — Le dégagement de gaz toxiques dans l'emploi des extincteurs au tétrachlorure de carbone. 742

F

Farines. — Alimentation comparée par diverses farines panifiables 27
— Action de l'eau oxygénée sur les farines. . . 737, 803
Faune. — Sur la faune marine de la côte occidentale du golfe de Marseille 323
— L'élaboration et la publication d'une Faune de France. **781**
Fécondation. — La fécondation sélective par les mélanges de pollens. 399
Fer. — Les minerais de fer hettangiens de Bourgogne. 391
— Entraînement de la chaux et de la magnésie par les précipités d'oxyde ferrique 424
— La réparation des pièces de machines par dépôt électrolytique de fer 430
— Constitution de certains fers titanés 642
— Gisement de fer oolithique d'Aïn-Babouche . . . 769
Fermentation. — Fermentation butylèneglycolique des hydrates de carbone 262
Ferments. — F. protéolytiques de quelques anaérobies. 740
Fibres. — Croissance régénératrice de fibres musculaires striées, après lésion traumatique 62
Fièvres. — Réduction de la période de contagiosité des fièvres éruptives par la méthode de Milne 426
— Le lait et la fièvre aphteuse 554, 602
— Prévention et traitement de la f. aphteuse . . . 675
— Vaccination contre la f. méditerranéenne 738
Figuier. — Faune entomologique du Figuier 258
Fixateur. — Sur l'emploi, comme fixateur, des mélanges de formol et de composés chromiques 505
Flagellose. — La flagellose des Euphorbes 776
Fleurs. — Couleur et sexe des fleurs. 507
Floraison. — Retard de la floraison causé par un gaz toxique. 131
Floridées. — Sur l'évolution des chromatophores et le chondriome chez les Floridées 506
Flottage. — Le flottage des minerais 5
Fluides. — Propriétés des fluides au voisinage du point critique et équations caractéristiques 391
Fluidité. — La détermination de la fluidité des métaux et alliages 198
Fluorescence. — Fluorescence et phosphorescence . 427
Fluorure. — De l'efficacité du fluorure de sodium pour la conservation des traverses de chemins de fer . 324
Fœtus. — La mort du fœtus par submersion intra-utérine. 163
— Réflexes et mouvements du fœtus pendant la première moitié de la grossesse. 642
— Développement du fémur, de l'humérus et du tibia du fœtus humain 771
Foie. — Structure des cloisons inter-lobulaires du foie du chameau. 163
— Teneur en glycogène du foie et des muscles chez les animaux thyroparathyroïdectomisés. 163
— Le soufre dans le foie cancéreux 261
Fonctions. — Leçons sur l'approximation des fonctions d'une variable réelle. 419
Fontaine. — Position des f. sur la rive concave des rivières. 675
Force. — Influence de la température atmosphérique sur la force musculaire des athlètes 427
Forêts. — Les forêts de la Roumanie **374**
Forme. — On growth and form 637
Formiates. — Stabilité des formiates de méthyle chlorés industriels. 31
Foudre. — Les décharges de la foudre 556
Fougères. — Constitution du système vasculaire des Fougères et des Ptéridospermées. 424
Fours. — Les fours électriques industriels et les fabrications électrothermiques 159
— Guide pratique du chimiste de charbonnages et fours à coke. 258
— Les fours à coke 384
— Les fours électriques de laboratoire 502
Fovea. — Double fovea des Rapaces diurnes. 163
Frankéniacées. — Contribution à l'étude des Frankéniacées. 92
Froid. — L'influence du froid comme stimulant de la croissance des plantes 646
Fromage. — Flore fongique du fromage de Brie . . . 125
Fumeurs. — La fatigue et le rendement chez les fumeurs. 744

G

Galènes. — Rectification des courants par les galènes. 504, 553
Gangamopteris. — Présence dans les grès du S. de Madagascar. 770
Gard. — Plissements et charriages du bassin houiller du Gard 26
Gastéropodes. — Lois numériques des ondes pédieuses 800
Gavialidé. — Présence d'un Gavialidé du genre *Tomistoma* dans le Pliocène d'eau douce de l'Éthiopie. 260, 323
Gaz. — La guerre des gaz. **45, 237**
— Méthode pour repousser les gaz nocifs 130
— L'emploi des gaz épuisés de hauts fourneaux comme engrais carbonique 132
— Action des gaz extrêmement divisés 291, 598
— Lésions pulmonaires déterminées par les gaz suffocants 424, 466, 553
— Gaz rares des gaz naturels d'Alsace-Lorraine. . . 770
Gels. — La toxicité sérique et les propriétés physiques des gels colloïdaux 62
Géographie. — Revue de Géographie économique. . **217**
Géologie. — Une revue de documentation géologique. 35
— Revue de Géologie. **752**
Géométrie. — Projective Geometry 286
— La géométrie différentielle projective des réseaux. **349**
Geyser. — Le geyser des Martres d'Artières (P.-de-D.). 291
Giroflée. — Lignée de Giroflées anomales 552
Glace. — Forme primitive de la glace atmosphérique. 193
Glaciations. — Récurrences glaciaires postérieures au Néowürmein en Tarentaise et Maurienne 27
— Glaciation quaternaire de l'Albanie moyenne . . 125
— Considérations sur les temps glaciaires 707
Globules. — Dissolution des globules rouges 192
Glucosane. — Sur le glucosane 599
Glucose. — Recherche et caractérisation du glucose dans les végétaux 229
— Action de l'ac. cyanhydrique sur le glucose . . . 391
— Fermentation par les bactéries. 465, 643
Glucoside. — Nouveau glucoside hydrolysable par l'émulsine 192
— Présence de glucosides dans le Mélilot et l'Aspérule odorante 506
Glucosurie. — Influence du calcium sur la glucosurie. 291
Glycémie. — La glycémie après la pancréatectomie. 262, 299
— Glycémie et indice glycémique 507
Glycérides. — Mécanisme de l'addition de l'hydrogène aux glycérides non saturés en présence de nickel divisé 66
Glycérine. — Préparation des homologues de la glycérine 468
Glycogène. — Teneur en glycogène du foie et des muscles chez les animaux thyroparathyroïdectomisés. 163
Goitres. — A propos de mille opérations pour goitres. 325
Goutte. — La goutte et l'obésité 768
Graisse. — Sur l'élaboration de la graisse dans l'épithélium pulmonaire. 63
Graminées. — Faisceaux libéro-ligneux transverses des nœuds des Graminées 229, 706
Gravifique. — Théorie nouv. de la Gravifique 804
Gravitation. — Symétries du champ gravifique . . . 737
Grèce. — La zone hydrocarburée de la Grèce occidentale 231

Greffes. — Greffes d'œufs et de larves de Batraciens urodèles dans les tissus d'adultes de même espèce 426, 602
Greffons. — Toxicité de certains greffons morts hétérogènes 505
Grêle. — L'aéroplane et la grêle 504
Grenouille. — Le nombre des chromosomes chez les têtards parthénogénétiques de grenouille 391
— Les G. peuvent-elles s'adapter à l'eau saumâtre. 739
Grippe. — Hygiène hospitalière et grippe 27
— Grippe et peste pulmonaire 126
— L'immunité acquise au cours de la grippe 325
Groenland. — Le bicentenaire de sa colonisation. . . 777
Grottes. — Les grottes de Grimaldi (Baoussé-Roussé). Géologie et Paléontologie (*fin*) 189
Guerre. — Pensées sur la Science, la guerre et des sujets très variés 90
Gui. — Variabilité de la toxicité du gui suivant son hôte. 292
— Réactions globulaires du sang à la suite d'injections d'extrait de gui. 426
Gymnospermes. — Sur l'évolution du système vasculaire chez les Gymnospermes 163

H

Halage. — Nouveau système de halage électrique . . 799
Halos. — Sur les halos extraordinaires 125
Hélium. — La production de l'hélium et du néon dans les tubes à décharge à hydrogène 645
Hématies. — Sur les hématies des Tylopodes 127
Hématologie. — Hématologie expérimentale 261
Hémoclase. — Production de la crise hémoclasique. 554, 599, 600, 602
Hémocyanine. — L'hémocyanine 2
Hémolysines. — Recherches sur les hémolysines 126, 324, 801
Hémorragies. — Injections intraveineuses d'adrénaline dans le traitement des hémorragies 126
Hérédité. — Les problèmes de l'Hérédité expérimentale. 58
Hevéa. — Germination de la graine d'Hévéa 90
— Formations ligneuses anormales dans l'écorce . . 739
Hexacoralliaires. — Métamérisation et développement. 260, 291, 324
Hindous. — Hindu achievements in exact Science . . 191
Hivernage. — L'hivernage de 1918 au Sénégal . . . 595
Horloge. — Sur une horloge solaire. 425
Houille. — La houille, ses succédanés et ses adjuvants. **70**
— Oxydation des houilles 552
Houiller. — Succession normale des flores houillères dans le bassin houiller du Gard 125
— L'allure du terrain houiller dans le Massif central et à ses abords 506
Huiles. — Variation des indices de réfraction des huiles fixes avec la température 196
— Injection intraveineuse d'huile 507
— Absorption d'huiles par le poumon 642
Huitrières. — Les huitrières ; développement, exploitation 194
Humus. — Propriétés chimiques de l'humus 92
Hybride. — Stabilité et fertilité de l'hybride *Geum urbanum* L. × *G. rivale* L. 424
Hydrogénation. — Hydrogénation catalytique des cétazines. 424
Hydrogène. — Le spectre secondaire de l'hydrogène . . 128
— Structure de la série de Balmer des lignes de l'H. 508
— Propriétés d'une forme active de l'H. 678
Hydrolyses. — Hydrolyses digestives par ionisation mécanique de l'eau 324
Hypnotiques. — Nouvelle classe d'hypnotiques 705
Hypobromite. — Décomposition catalytique des solutions d'hypobromite par le sulfate de cuivre . . . 770

I

Ictère. — Recherches sur le virus de l'ictère infectieux 232, 326
— La splénectomie dans les ictères hémolytiques. . 554
Images. — Cas particulier de diffraction des images des astres circulaires de grands diamètres . . . 390
— Etude des images télescopiques 600
Immunisation. — L'immunisation antituberculeuse de la mite d'abeille. 163
Immunité. — L'immunité chez les Insectes 199, 707
— Sur quelques réactions d'immunité chez les Invertébrés. **353**
Incinération. — Inc. des matières organiques . . . 598
Indice. — Diagnostic du sexe d'un crâne humain par l'indice condylien 323
Indo-Chine. — Bulletins et Mémoires du Service géologique de l'Indo-Chine 795
Indoxyle. — Sur les azoïques de l'indoxyle 193
Industrie. — L'Industrie chimique aux Etats-Unis . . 288
— Les relations entre la Science et l'Industrie et les Sociétés de perfectionnements industriels . . . **513**
— L'industrie organisée d'après les méthodes américaines 798
Inflammation. — La température d'inflammation spontanée des combustibles liquides 99
Inhibition. — Inhibition et volonté **619**
Insectes. — L'immunité chez les Insectes 199, 707
— Sur une structure périodique des écailles d'Insectes 263
— La méthode trophique dans la lutte contre les insectes et les affections qu'ils transmettent . . . **301**
Interférences. — Les interférences artificielles et leurs applications physiques et industrielles 195
Interférométrie. — L'interféromètrie et les appareils interférentiels de M. Barus **401**
Interrupteur. — Nouvelle forme d'interrupteur de Wehnelt 128
Intoxication. — Intoxication rectale par les acides . . 163
Inuline. — L'inuline chez les végétaux 123
Invertébrés. — Sur quelques réactions d'immunité chez les Invertébrés **353**
Invertine. — Recherche de l'invertine dans le miel pur. 193
Iodamine. — Sur les iodamines 552
Ions. — Détection des ions sulfuriques dissimulés dans les complexes. 261
— Effets des ions sur le mouvement ciliaire . . . 471
Ionisation. — I. à faible voltage dans la vapeur de Hg. 675
Iris. — Sur les muscles de l'iris du Crocodile 62
Islam. — L'Islam et la politique des Alliés 388
Isostasie. — Les idées actuelles sur l'isostasie 65
Isotopes. — L'existence de formes isotopes du néon et du chlore. 1
— Sur la possibilité de séparer les isotopes 1
— Le spectre des isotopes 33, 128

J

Jardin. — Projet d'organisation d'un jardin alpin au Revard (près d'Aix-les-Bains) 95
Jeune. — 500 analyses de contenu gastrique de jeûne. 325

K

Kapok. — La production du kapok en A. O. F. . . . 332
Katla. — L'éruption de la Katla (Islande) 291
Katoka. — Le K., arbre à graines comestibles de Madagascar. 769

L

Lacrymogène. — Mesure du pouvoir lacrymogène des substances irritantes 738, 770
Lactose. — Hydrogénation catalytique du lactose . . 60
Lahars. — Les « lahars » des volcans javanais. . . . 168
Lait. — Les souillures du lait. 26
— L'hérédité de la production du lait chez les vaches laitières 67
— L'inanition et la composition chimique du lait . . 467
— Le lait et la fièvre aphteuse. 554, 602, 800
Laiton. — Recherches sur les laitons spéciaux . . . 598
Laminarine. — Etude de la laminarine 192
Lampe . — L'emploi de lampes au néon en stroboscopie. 298
Lamproie. — Jeunes stades d'eau douce et biologie de la Lamproie marine 92
Latitude. — Sur une variation diurne de la latitude . 161
Lavande. — Fumure de la lavande 803
Lemnacées. — Morphologie végétative 31
Leucocytes. — La production de leucocytes dans les cultures « in vitro » de fragments de rate 3
— Action de la température sur la vitesse de reptation des leucocytes. 28
— Recherches expérimentales sur les leucocytes irradiés. 28
— La relation entre le nombre de leucocytes et la position du corps 399
Levés. — Applications de la photographie aérienne aux levés topographiques de précision. Appareil de photorestitution 672
Levure. — Apparition dans les vignobles 640
— Action du toluène sur la levure desséchée 771
— Energétique de la levure 801

Lierre. — Maladie bactérienne du lierre 554
Liquide. — Les rapports entre les diverses parties du liquide céphalo-rachidien 132
— Mouvement permanent des liquides 769
Lithosphère. — Les variations d'équilibre de la lithosphère. 3
Loi. — La loi bioclimatique 99
— La loi des phases 800
Longitude. — Détermination de la différence de longitude Paris-Greenwich 601
Lubrification. — Théorie et pratique de la lubrification. 327
Lumière. — Des principes physiologiques qui doivent présider à toute étude de la lumière . . . **620, 656**
— Absorption de la L. par les éléments en vapeurs . 643
Lune. — Origine des cratères de la Lune 266
— Correction des coordonnées lunaires 706
Lunette. — Grossissement optimum d'une lunette . 391
Lupus. — Réaction de fixation dans le lupus 771
Lymphe. — Le système de la lymphe et son importance en Pathologie générale 503

M

Machines. — Théorie des enroulements des machines à courant continu 383
Madagascar. — Annuaire général 385
Magnétisme. — Organisation des recherches de magnétisme terrestre 678
— Valeurs de la déclinaison en Angleterre 644
Magnéton. — Le coeff. d'aimantation des sels paramagnétiques et la théorie du magnéton 775
Maïs. — Production par traumatisme d'une forme nouvelle de Maïs à caryopses multiples 229
Maladies. — Les maladies cryptogamiques des plantes agricoles et leur traitement 767
— Éléments météorologiques et décès par maladies des organes respiratoires 706, 770
Malaria. — Rôle du bétail et de la basse-cour dans la défense contre la malaria 231
Manganèse. — Pouvoir absorbant de la terre pour le Mn 552
Maniocs. — Sur la grande richesse en matières azotées de certains maniocs du Cambodge. 425
Marées. — Les marées dans les tuyaux 197
— Utilisation de la force des marées 599, 769
— Marées de la mer d'Irlande. 644
— Frottement dû à la marée dans les mers profondes. 644
Maroc. — La France au Maroc 259
Mars. — Phénomènes observés sur la planète Mars dans la présente opposition 504
Marteau. — Sur la théorie de Kaufmann du choc du marteau dans le piano 295
Mathematiques. — Mathematics for Engineers . . . 634
— Unified Mathematics 765
Maxillaire. — Du revêtement du condyle du maxillaire inférieur 231
Mécanique. — Cours de Méc. rationnelle. 548
— Cours de Mécanique élémentaire. 789
Mécanismes. — Des mécanismes élémentaires 23
Médecin. — Examens de laboratoire de médecin praticien 597
Médications. — Les médications psychologiques. . . 227
Mélanine. — Formation chez les Crustacés 28
— Formation chez les Insectes 393
Mer. — Le fond de la mer 703
Mercure. — Précipitation des sels de Hg par H^2S . . 504
Méristème. — Le M. terminal de la tige; division . . 769
Métabolisme. — Influence des injections d'acide dans le duodénum sur le métabolisme 194
— Action de la sécrétine sur le métabolisme 230
Métachromatine. — Recherches sur la métachromatine 231, 799
Métallographie. — Utilisation des rayons X en métallographie. 469
Métallurgie. — Cours de Métallurgie 502
Métamérie. — Les transformations de la métamérie musculaire, dans l'épisome des Vertébrés. 126
Métaux. — Analyse des métaux par électrolyse . . . 160
— Recherche spectrographique des métaux 389
— Propriétés élastiques et étirement 556
Métaxylème. — Valeur du métaxylème primaire centripète des végétaux anciens ou primitifs 324
Météorologie. — Manuel pratique de Météorologie. . 87
— Comment prévoir le temps. Météorologie pratique. 382
Métrophotographie. — Metrophotographie 187
Microanalyse. — La microanalyse organique quantitative **112**
Microbes. — Passage à travers la paroi des filtres . . 770
Microzymas. — La résistance des microzymas à l'action du temps et leur survivance dans l'ambre 261
Miel. — Recherche de l'invertine dans le miel pur. . 193
Milieux. — Propriétés optiques des milieux troubles . 293
Mimétisme. — Le mimétisme chez certains papillons . **18**
Minerais. — Le flottage des minerais. **5**
Minéraux. — Les minéraux et les roches 385
Mines. — Les mines errantes sur l'Atlantique nord. . 260
Mineur. — Formation du mineur instrumental et de tous les modes et accords par la résonance. . . . 79
Mitose. — Recherches sur les phénomènes mitotiques. 428, 598
Moelle. — Modifications histologiques de la moelle osseuse dans l'inanition. 507
Molécule. — La molécule chimique 384
Mollusques. — Biologie des M. des dunes maritimes. 706
Molybdate. — Constitution des paramolybdates . . . 800
Monopoles. — Les Monopoles. 259
Morcellement. — Le morcellement parcellaire en France 64
Mortalité. — Les bases embryologiques de la mortalité chez l'homme 430
Moteur. — Le moteur à explosions 381
— Conception des moteurs d'aviation à explosions 91, 504, 672
— Construction des moteurs à explosions 595
Mousses. — L'asymétrie foliaire chez les Mousses . . 163
Moustiques. — La destruction des larves de moustiques 267
Murs. — Les murs de soutènement et les ponts et viaducs en maçonnerie 702
Muscles. — Sur la force élastique des muscles **357**
— L'interprétation des transformations de l'énergie dans le travail musculaire **362**
— Propriétés thermo-élastiques des muscles 644
— Effet de l'intoxication phéniquée sur l'excitabilité des muscles. 801
Mycologie. — Revue de Mycologie. **118, 177**
Mylonites. — M. de la 4e écaille briançonnaise. . . 706
Myrmécophilie. — Nouvelle théorie de la M. 512

N

Nappes. — Sur les nappes alluviales du Lot 124
Navigation. — Nouveau procédé de navigation en l'absence des repères habituels 706
— Méthode de navigation aérienne à l'estime . . . 706
Neige. — Remarques sur les chutes de neige 26
Néon. — Emploi de lampes au néon en stroboscopie. 298
— Production de l'hélium et du néon dans les tubes à décharge à hydrogène 645
Néoplasmes. — Sur le polymorphisme histologique de certains néoplasmes épithéliaux 506
Néphélémètre. — Sur un néphélémètre . . . 230, 294
Nerfs. — Recherches sur l'excitation des nerfs. 93, 326, 801
— Régénération après imprégnation par un fixateur. 325
Neurone. — Les modifications des oxydases pendant l'évolution du neurone 466
Névroglie. — Recherches sur la morphologie et la biologie du tissu névroglique 366
Nickelage. — Nickelage de l'Al. et de ses alliages . . 424
Nitriles. — Formation des nitriles par catalyse . . . 260
— Hydrogénation catalytique des nitriles 553
— Hydratation catalytique des nitriles 599
Nitrite. — Propriétés du nitrite de sodium 92
Nouvelle-Zélande. — Les relations économiques de la France et de la Nouvelle-Zélande 90

O

Obésité. — La goutte et l'obésité 768
Objectifs. — Le problème des objectifs de longue-vue dans la Dioptrique contemporaine 320
Obus. — La distribution de la pression sur la coiffe d'un obus se mouvant à grande vitesse 232
Oeil. — Couleur des yeux et des cheveux chez les Français. **519**
Œufs. — Étude bactériologique des poudres d'œufs . . 62
Oidium. — Traitement préventif de l'O. 640
Ondes. — Méthode de mesure de la vitesse instantanée des ondes sonores 774
Orage. — Champ électrique des orages 556
Orbitoïdé. — Sur l'origine des Orbitoïdés 324
Orchidées. — Rôle trophique des endophytes d'O . . 706
Os. — Premier développement de l'os de membrane. 63
— Différenciation des os longs 555
— Ostéogenèse dans les greffes d'os morts 600

Oscillations. — Variation de longueur d'onde des oscillations d'une soupape ionique 428
— Propagation d'oscillations électriques dans l'eau. 598
— Appareil pour mesurer les oscillations de vitesse. 601
Oscillographe. — Oscillographe cathodique 28
Oscillomètre. — Rapport entre l'indice oscillométrique et la pression maxima à l'oscillomètre de Pachon. 126
Osmose. — Echanges liquides par osmose électrique à travers des tissus vivants 261
Ostéites. — Traitement des ostéites tuberculeuses par les courants de haute fréquence et de haute tension. 93
Oxychlorure. — Observations analytiques sur l'oxychlorure de carbone 94
Oxydases. — Les modifications des oxydases pendant l'évolution du neurone 466
Oxydation. — O. catalytique par les corps non saturés. 602
Oxyde. — La présence d'oxyde de carbone dans le flotteur d'une Algue géante, le *Nereocystis luetkeana*. 235
— Perfectionnements apportés à la production industrielle des oxydes d'azote dans les fours à arc. 260
Oxygène. — Les explosifs à l'oxygène liquide 775

P

Paléocrétacé. — Sur la répartition des faciès du Paléocrétacé dans le sud-est de la France 162
Paléontologie. — Paleontology. Invertebrate . . . 258
— Revue de Paléontologie animale **187**
Paléozoïque. — Age relatif du P. de Belgique . . . 804
Palestine. — Hygiene and Disease in Palestine . . . 289
Palmier. — Le palmier à huile 89
Pancréatectomie. — La glycémie après la pancréatectomie 299
Pancréatite. — Reproduction expérimentale de la pancréatite hémorragique avec stéato-nécrose. . . . 263
Panorpes. — Les glandes salivaires des Panorpes sont-elles sous la dépendance des glandes génitales . . 325
Papaïne. — Sur les pouvoirs liquéfiant et précipitant de la papaïne 392
— Action de la papaïne sur le *Bacterium coli* . . . 426
Papier. — Traité théorique et pratique de la coloration du papier. 23
— Les maladies du papier piqué 23
Papillons. — Le mimétisme chez certains papillons . **18**
Parodiellinacées. — La famille des Parodiellinacées. 92
Parole. — Reproduction de la parole par la galène et les ondes entretenues 465
Particules. — Detection des particules α et β des corps radioactifs 393
Pêche. — Les conditions actuelles de la pêche à la sardine 333
Pelletiérine. — Sur la pelletiérine et la méthylpelletiérine 390
Pendule — De l'influence de la déformation du couteau et du plan de suspension sur la durée des oscillations du pendule 162
Pénéplaines. — Existence de deux pénéplaines dans le Bassin de Paris 161, 194
Pensée. — Les Maîtres de la Pensée scientifique . 551
Péridiniens. — Existence chez les Radiolaires de Péridiniens parasites considérés comme forme de reproduction de leurs hôtes 162
Permien. — Sur les mouvements des mers à la limite du Permien et du Trias dans les géosynclinaux de l'Eurasie. 506
Permotriasique. — Sur la limite permotriasique dans le géosynclinal arménien-himalayen 424
Perophora. — Organogenèse dans les blastozoïtes . . 769
Pesanteur. — Action sur les végétaux 600
Peste. — Valeur de la réaction de fixation de Bordet dans le diagnostic de la peste 640
— Diagnostic de la peste bubonique 708
Pétrole. — Probabilités de découverte du P. en France. 707
Phénomène. — Les retards absolus dans le phénomène de Kerr 61, 260, 505, 553
Phosphate. — Réaction extrêmement sensible des P. 737
Phosphomolybdate. — Sur les variations de la composition du phosphomolybdate d'ammonium 323
Phosphorescence. — Fluorescence et phosphorescence. 427
— Etats intermédiaires dans la p. du CaS. 707
Photochimie. — Etudes de Photochimie 122
Photographie. — Applications de la Photographie aérienne 187
— La Photographie aérienne appliquée aux travaux topographiques de précision **313**
— Nouv. théorie des phénomènes photograph . . . 707
— Représentation photograph. d'un solide dans l'espace. 769
Photométrie. — La photométrie et la variabilité topographique de persistance des impressions rétiniennes 743
Photosynthèse. — Etudes sur la Photosynthèse . . 395
Physiologie. — An introduction to general Physiology, with practical exercises 24
— Mammalian Physiology 322
Physique. — L'enseignement de la Physique dans les Facultés de Médecine **781**
Pigmentation. — Pigmentation des larves d'Anoures. 467
Pile. — Nouvelle pile photo-électrique 711
Pituitrine. — Action vasodynamique 603
Plages. — Les plages de Gâvre et de Penthièvre (Morbihan) 92
Planaires. — Appareil copulateur des Planaires . . . 92
— Reproduction des Planaires 554
Planète. — Application de la méthode de Lagrange à l'orbite de la planète découverte par M. Comas Solà. 193
— Forme nouvelle de la loi des distances des planètes et satellites 193, 256
— L'origine des petites planètes 741
Plantes. — Effet des organismes fixateurs d'azote et des dérivés de l'acide nucléique sur la croissance des plantes. 31
— Fossil plants. 88
— La loi du développement des plantes 168
— Effet de la longueur relative du jour et de la nuit sur le développement et la reproduction des plantes. 559
— Plantes utiles des pays chauds 636
— Les maladies cryptogamiques des plantes agricoles et leur traitement 767
Plantule. — Résistance des P. à l'inanition 675
Plaques. — L'hypersensibilisation des plaques panchromatiques commerciales. 67
Plaquettes. — L'accolement des microbes aux plaquettes sanguines 292
Plastidome. — Plastidome, vacuome et sphérome chez la *Selaginella Kraussiana* 125
Platine. — La production d'ionisation par le platine est-elle due à l'hydrogène occlus? 232
Platycnémie. — Variations de la P. du tibia 800
Plexus. — Sur l'anatomie comparée du plexus choroïde du IVe ventricule, des Sélaciens aux Reptiles . . 163
Plomb. — A propos du poids atomique du plomb-radium. 2
— Innovations in the Metallurgy of Lead 57
— Bismuth, Etain, Plomb 258
— L'érosion du plomb 296
Pluie. — Les lunaisons et les périodes pluvieuses. . . 92
Pluviosité. — Le nouveau record mondial de pluviosité aux Iles Hawaï 97
Pneumothorax. — Pneumotorax artificial y otras intervenciones en la tuberculosis pulmonar 387
Poids. — Le rapport du Comité international des poids atomiques pour 1920-1921 607
Pois. — La génétique des « vagabonds » parmi les pois culinaires 263
Poissons. — Sur des ossements sub-fossiles de Poissons des Pays-Bas du Tchad et leur signification. 92
Poivre. — Le principe actif du poivre et ses homologues. 167
Polarisation. — Polarisation dans les solutions de fer. 26, 91
Pôle. — L'expédition Amundsen vers le pôle Nord . . 472
Pollens. — La fécondation sélective par les mélanges de pollens 399
Polymérisation. — La polymérisation des sels binaires en solution. 331
Polynévrite. — Obtention chez le pigeon 801
Polysaccharides. — Sur l'hydrolyse des polysaccharides 504
Pomme de terre. — La nécrose de la tige de pomme de terre atteinte de la maladie « de l'enroulement ». 425
— Rajeunissement de la pomme de terre. 803
Pommes. — Les constituants odorants des pommes . . 646
Pommier. — Origine des pommiers à cidre cultivés. . 642
Ponts. — Calcul des ponts circulaires 161
— Emploi d'alliages d'acier dans leur construction. 553
— Etudes théoriques et pratiques sur les ponts et viaducs en maçonnerie 702
Porteurs. — Thérapie expérimentale des porteurs de germes 61
Potentiel. — Sur la variation diurne du potentiel atmosphérique à l'Observatoire d'Alger 260
— Les différences de potentiel en Biologie 262
Poudres. — L'agglutination des poudres solides par compression 33
Poumon. — Action de différents composés chimiques sur le poumon 505, 739

Pouvoir diathermane. — Le pouvoir diathermane des corps aux basses températures 66
Pouvoir rotatoire. — P. r. des ac. tartrique et malique en solution 770
Pression. — Ondulations de pression artérielle et pression artérielle négative observées pendant l'excitation centrifuge du vague 93
Prévision. — Sur l'utilisation des cirrus pour la prévision du temps 230
Primula. — Distribution géographique comparée des *Primula* dans l'ouest de la France 389
— Sur les *Primula elatior* 425
Prix. — Les prix Nobel 709
Propine. — Sur les phénylpropines 553
Prostate. — La sécrétion interne de la prostate et ses rapports avec les testicules. 393
Protéines. — L'étude biochimique de l'évolution des êtres et l'évolution des protéines. 34
— Sur la séparation des protéines du sérum . . . 466
Protubérance. — P. à grandes vitesses radiales . . . 675
Puériculture. — Essai cantonal de puériculture. . . 739
Pulsations. — L'isochronisme radio-fémoral des pulsations artérielles 194
Purgation. — Les effets rapprochés de la purgation (huile de ricin) sur la sécrétion urinaire 325
Putréfaction. — Procédé pour empêcher certaines p. 740

Q

Quartz. — Le quartz secondaire et le quartz rhomboédrique dans les minerais de fer du Bassin de Longwy-Briey. 504
Quaternaire. — Essai de coordination chronologique générale des temps quaternaires 91, 391, 599

R

Racine. — Echanges gazeux avec l'atmosphère . . . 675
Radiations. — Séparateurs de radiations et spectropolarimètres... 94
— Vitesses électroniques critiques pour la production de radiation. 128
— Les longueurs d'accès de la radiation lumineuse newtonienne et les zones de silence de la t. s. f.. 260
— Phénomènes d'antagonisme entre diverses radiations. 424
— Actions biologiques des diverses radiations solaires 554
Radioactivité. — Mesures pratiques en radioactivité. 158
— Orientation des radiations des substances radioactives cristallisées 510
Radiochromomètre. — Indications anormales fournies par les R. avec des rayons X très pénétrants . . 769
Radiocommunication. — The principles underlying radiocommunication.. 158
— Théorie et pratique des radiocommunications.. 257
Radiotélégraphie. — Radiotélégraphie pratique et radiotéléphonie 635
— Introduction à la théorie des courants téléphoniques et de la radiotélégraphie 734
Radium. — Le radium.. 225
Raies. — Variation due à la pression de la longueur d'onde des raies des bandes du cyanogène . . . 324
— Longueur d'onde des raies du cyanogène dans les spectres solaire et terrestre 599
— Actions à hérédité discontinue et raies spectrales. 799
Rails. — Cause de l'usure ondulatoire des rails . . . 261
— Cause des ruptures des rails 601
Rajeunissement. — Expériences de rajeunissement par la réactivation des cellules interstitielles séniles. 607
Rameau. — Orientation des R. dans l'espace 707
Rate. — Fonction cholestérinogénique de la rate. 194, 325, 679
Rayonnement. — Sur l'intensité du rayonnement nocturne aux altitudes élevées 391
Rayons. — L'analyse des éléments par les rayons positifs 1, **661**
— Rayons X et cristaux 25, 161
— Méthode clinique de dosage des rayons ultraviolets.. 62
— Les spectres de rayons X 124, 333, 424
— La diffraction des rayons X et γ par les anneaux d'électrons 127
— Etude des rayons X mous 166
— L'effet du passage d'un rayon X à travers un atome.. 399
— Utilisation des rayons X en métallographie . . . 469
— Examen des viscères par les rayons X 471
Rayons. — Mécanisme des actions chimiques dues aux rayons X. 705
— Spectre et théorie du rayon vert 737
— Les rayons X de grande longueur d'onde 738
Réaction. — Sur la diphtérino-réaction (réaction de Schick). 126
— Sur quelques réactions amorcées 504
Récepteur. — R. téléphonique auto-détecteur 599
Recuit. — Recuit du fer électrolytique 599
Réflexes. — Réflexes provoqués par l'irritation des premières voies respiratoires 392
— Le réflexe oculo-cardiaque et les modifications de la tension oculaire 393
Réfraction. — Réfraction et dispersion de CO^2, CO et CH^4.. 394
— Dispersion de la réfraction des hydrocarbures.. 770
Réfractométrie. — Recherches réfractométriques 793
Refroidissement. — Propagation du refroidissement à l'intérieur d'un lingot d'acier à partir de sa solidification. 389
Réglage. — Le spiral compensateur et les nouveaux problèmes de la mécanique du réglage 390
Rein. — La déterminisme de la lobulation du rein chez les Mammifères 25
— L'hyperfonctionnement rénal dans les états fébriles; son interprétation 126
— Adaptation du rein du phoque de Ross 601
Relativité. — Sur les bases expérimentales de la théorie de la relativité 192
— Les bases de la théorie de la relativité. **200**
— Ether mécanique des ondes et relativité newtonienne de l'énergie totale 603
Rendement. — Comment évaluer le r. des ouvriers. 602
Réseau. — Spectres des réseaux de diffraction 161
— Possibilité de produire des images optiques de réseaux moléculaires. 509
Résinates. — Préparation de résinates métalliques. 63
Résistance. — Les méthodes modernes de la résistance des matériaux 87
— Cours de résistance des matériaux 158
— Lois de résistance des fluides. 553
Respiration. — Indice d'endurance respiratoire . . . 162
— Les échanges respiratoires de l'homme pendant et après l'exercice musculaire. 195
— Sur la respiration des plantes parasitées par des champignons.. 231
— Action réflexe produite par l'irritation des voies respiratoires profondes 425
— Attitudes du corps et respiration. 506
Rétention. — La rétention lactée 323
Rétrécissement. — Une complication peu connue du rétrécissement mitral : l'insuffisance fonctionnelle de l'orifice pulmonaire 262
Revenu. — La trempe et le revenu des produits métallurgiques. **432, 473, 523, 561, 611**
Revue. — Revue de Mycologie **148, 177**
— Revue d'Entomologie pour les années 1910-1914. **410, 455**
— Revue de Paléontologie animale **487**
— Revue d'Anatomie **582**
— Revue d'Ethnographie **692**
— Revue de Géologie **752**
Rhinoceros. — Persistance dans le Moustérien sup. 800
Rhodium. — Sur le rhodium colloïdal 389, 391
Rhône. — L'aménagement du Rhône au point de vue de l'énergie, de la navigation et des irrigations . . . **269**
— La question du Rhône 597
Rideau. — Existence de rideaux dans le Cantal . . . 799
Rigidité. — Infl. de la température sur la R. des métaux 644
Roches. — Recherches sur diverses roches. 60, 229, 231 385, 705
— Les minéraux et les roches 385
Romanichel. — Etude de 344 Romanichels. 553
Rougeole. — La virulence du sang des rougeoleux. 93
Roumanie. — L'ethographie des pays roumains . . . 333
— La terre et le peuple roumains **338**
— La Roumanie nouvelle **342**
— Les forêts de la Roumanie **371**
Roussillon. — Deux anciennes lignes de rivage du Roussillon 229

S

Sabelliens. — Existence de la multiplication asexuée. 706
Sahara. — Sur la fréquence des brouillards dans le Sahara oriental 466
Salaire. — La question du juste salaire 798
Sang. — Sang urémique et sécrétion rénale 713

Sang. — Indices d'enzymes du sang. 770
Sciage. — Du rendement dans le sciage à main des métaux. 230
Science. — Hindu achievments in exact science . . . 191
— Les relations entre la science et l'industrie et les Sociétés de perfectionnements industriels **513**
— La Science et l'Industrie françaises en 1919-1920. 798
Scorbut. — Les propriétés antiscorbutiques des plantes potagères et l'effet du chauffage et de la cuisson . 68
— Le scorbut expérimental du cobaye est-il dû à la constipation. 94
Scyphistome. — Les monstres doubles du scyphistome. 124
Séchage. — Théorie et pratique du séchage industriel. 57
Sécrétine. — Action de la sécrétine sur le métabolisme. 231
Sécrétions. — Quatre leçons sur les Sécrétions internes. 321
Sélaciens. — Recherches sur la conduction médullaire et l'irritabilité chez les Sélaciens. 323, 389, 555, 708, 738, 771
Séléniate. — Les S. doubles monocliniques 643
Sélénium. — Influence favorable sur les moisissures . 707
Sels. — La polymérisation des sels binaires en solution. 331
— Sels doubles et analyse physico-chimique 505
— Séparation de deux sels à ion commun 799
Semences. — La sélection des semences et le contrôle officiel en Hollande. 559
— Le trempage des semences 802
Semis. — Semis comparés à une haute altitude et dans la plaine 25
Sérine. — Propriétés de la sérine 602
Sérothérapie. — Sérothérapie par la voie respiratoire chez l'homme 194
Sérums. — De l'insolubilisation des sérums 325
— Influence du foie sur le pouvoir agglutinatif du sérum 426
— Essai d'épuration des sérums thérapeutiques . . 506
— Préparation des sérums thérapeutiques. 739
Sexe. — Rapports des sexes chez les enfants 512
Sidérurgie. — Leçons de sidérurgie 384
Sidérose. — La sidérose des minerais de fer du Bassin de Longwy-Briey. 467
Signal. — Correction des signaux horaires 705
Silicate. — Les propriétés du silicate de soude commercial 167
— Action prolongée de l'acide carbonique sur les silicates et le quartz 391
— Emploi en injection intra-veineuse. 640
Sisme. — Fréquence sismique et fréquence des pluies . 554
Sodium. — Réactions microchimiques. 705
Sol. — Influence de la stérilisation partielle sur la composition de la flore microbienne du sol 424
Solanum. — Rech. sur la greffe des *Solanum*. 800
Soleil. — Sur les courants gazeux dans l'intérieur du Soleil 229
— Possibilité du calcul de la vitesse absolue du système solaire. 330
— La distribution des masses dans le système solaire et l'origine des petites planètes 741
Solutions. — L'évaporation spontanée des solutions . 645
— Analyse thermochimique des solutions 738
Soufre. — Viscosité du soufre 296
— Le soufre colloïdal 641
Source. — Analyse radio-active des sources thermales de Bagnères-de-Luchon. 707
— Radioactivité des sources de Bagnoles-de-l'Orne. 738
Sous-marin. — S.-m. pour travaux océanographiques . 641
Sous-sol. — Essais de prospection électrique du sous-sol. 192
Spectres. — Remarques sur la constitution de l'atome et les propriétés des spectres de bandes 26
— Sur les spectres d'arc direct des métaux à point de fusion peu élevé. 60
— Le spectre continu des rayons X 124, 389
— Sur quelques nouveaux spectres d'étincelle dans l'ultra-violet extrême. 125
— Le spectre secondaire de l'hydrogène 128
— Le spectre des isotopes 128
— Sur les spectres des réseaux de diffraction . . . 161
— Le spectre des explosions 234
— Excitation du spectre de bandes de l'azote par des électrons de faible vitesse 465
— Spectres d'absorption du P pour les rayons X . . 705
Spectrophotométrie. — Nouvelle méthode de spectrophotométrie dans le spectre visible et l'ultra-violet. 295, 424
Spectropolarimètre. — Séparateurs de radiations et spectropolarimètres 94
Spermatogénèse. — Persistance de la spermatogénèse dans le testicule d'hommes très âgés 427
Spermatozoïdes. — Les relations des spermatozoïdes avec certains électrolytes 195
Sphenodon. — Le développement de l'appareil auditif du *Sphenodon punctatus* 296
Spirille. — Existence chez l'homme de formes évolutives du spirille de la fièvre récurrente. 291
Spondyle. — Complexe éthologique du Spondyle sur les bancs perliers 555
Sporogénèse. — La palisporogénèse ou sp. itérative . 598
Stations. — Les stations agronomiques coloniales. . 647
Stercobiline. — Dosage et extraction de la stercobiline. 93, 263
Sterigmatocystis. — Influence d'une dose réduite de K et de P sur les caractères physiologiques du *Sterigmatocystis nigra* 323, 326
Stérilisation. — Influence de la stérilisation partielle sur la composition de la flore microbienne du sol . 424
Striation. — S. mouvantes dans Ne et He 676
Styrolène. — Isomérie ethylénique des S. monobromés. 770
Sucre. — Balance de l'azote pendant la fabrication du sucre 61
— Sur l'inversion du sucre de cannes pendant la conservation des oranges. 61
— Aliments sucrés 735
Sulfate. — Action de l'eau sur le sulfate diméthylique. 161
Sulfures. — Action de l'acide carbonique sur les sulfures. 2
— Sur l'action toxique du sulfure d'éthyle dichloré . 506
Surtensions. — S. créées par les harmoniques 3 . . 641
Symbiose. — Les différents aspects de la symbiose lichénique 465
Symbiotes. — Sur la question des symbiotes 392
Sympathique. — Double section sympathique en deux temps. 680
Symptômes. — Les symptômes et leur interprétation . 704
Synapsis. — Etudes sur la synapsis 263, 643
Synchytrium. — Evolution et cytologie du *S. endobioticum* de la pomme de terre 556
Syphilis. — Domaine, traitement, prophylaxie de la syphilis 736
— Nouveau procédé de diagnostic 800

T.

Taupe. — Infl. du travail souterrain des taupes sur la flore des pâturages. 675
Technologie. — Précis de Technologie mécanique . . 319
Télégraphie. — The principles of electric wave Telegraphy and Telephony 383
Téléphonie. — The principles of electric wave Telegraphy and Telephony 383
Témoignage. — La psychologie du témoignage. . . . 387
Températures. — Sur un coefficient de temps à faire intervenir dans l'échange des températures. . . . 194
Temps. — Sur l'application des cirrus à la prévision du temps 465
— La pratique de la prévision du temps. 468
Tension de vapeur. — Nouvel instrument pour mesurer la tension de vapeur. 327
Termites. — L'attaque des végétaux par les termites. **250, 281**
— Observations sur le Termite lucifuge . . . 425, 598
— Destruction par la chloropicrine. 641
Terrasses. — Les terrasses alluviales de l'Oum er Rbia (Maroc occidental). 504
Terre. — La température de l'intérieur de la Terre. . 264
— Microflore et teneur en azote des terres partiellement stérilisées par CS^2. 600
— Expérience de Perrot sur la rotation de la T. . . 601
— Valeurs de l'aplatissement de la T. 675
— Le réveil de la terre arable 8
Testicule. — Modifications du testicule des oiseaux sous l'influence de la carence 231
Tétanos. — Traitement chimiothérapique du tétanos expérimental 507
Théorie. — Sur un paradoxe apparent de la théorie cinétique des gaz 292
Thérapeutique. — Thérapeutique de la circulation . . 464
Thermo-électricité. — Vérification de la thermo-électricité du mercure liquide 505
Thiophène. — Estimation dans les benzènes industriels. 26
Thortveitite. — Existence à Madagascar. 641
Tige. — Sur les causes de l'élongation de la tige des plantes étiolées 91
Tissus. — Résistance de tissus aux intempéries et aux rayons ultraviolets. 425

Tissus. — Le tissu lymphoïde, tissu de réserve 643
— Pouvoir réducteur des tissus 740
Tons. — Le rôle de l'intensité et de la phase dans la localisation binaurale des tons purs. 645
Topographie. — La photographie aérienne appliquée aux travaux topographiques de précision. . . . **313**
— Topographie 548
Topométrie. — Manuel de Topométrie 702
Torsion. — Phénomènes de torsion comparables à l'enroulement des vrilles provoqués expérimentalement 465
Tortue. — Une tortue extraordinaire. 124
Tourteaux. — La meilleure utilisation des T. . . 64, 801
Toxine. — Propriétés spectrales de la T. tétanique. 642, 675
Trachôme. — Reproduction expérimentale du trachôme (conjonctivite granuleuse) chez le lapin 229
Transfusion. — Collapsus circulatoire et transfusion. 68
Transmission. — T. d'énergie utilisant une masse invariable de gaz en circuit fermé 769
Transparence. — Sur une méthode pour la mesure de la transparence atmosphérique. 61
— Diminution de la transparence de l'air à Paris . . 61
Transport. — Des conditions optima à remplir par les constantes d'une ligne de transport d'énergie à grande distance pour une charge donnée à l'arrivée. 389
Transposition. — Transposition phénylique dans la série tétrahydronaphtalénique 162
— Transposition hydrobenzoïque 640, 641
Travail. — La dépense physiologique du travail musculaire. 195, 292
Tremblements de terre. — La fréquence des tremblements de terre en Italie de 1896 à 1914. 428
— Bibliografia general de terremotos y temblores. . 636
Trempe. — La trempe et le revenu des produits métallurgiques. **432, 473, 523, 564, 614**
Tréponème. — Recherches sur le Tréponème . . 325, 640
Tricentenaire. — Le tricentenaire de l'Abbé Picard. **561**
Trioxyméthylène. — Emploi du trioxyméthylène en poudre pour la destruction des larves d'Anophèles. 505
Trypanosome. — Sur le Trypanosome de la Truite . . 60
Tuberculose. — Procédé pour rendre un lapin tuberculeux pulmonaire. 63
— Chimiothérapie de la tuberculose . . 164, 262, 507, 740
— Pneumotorax artificial y otras intervenciones en la tuberculosis pulmonar 387
— Période anté-allergique dans la tuberculose expérimentale du cobaye 508
— T. chez les enfants du premier âge 708
— Sérodiagnostic de la tuberculose . . . 708, 739, 801
— Essais d'immunisation de l'organisme tuberculeux. 771
Tubes. — Les variations de longueur d'onde des oscillations engendrées par les tubes thermo-ioniques à trois électrodes 232
— Applications du tube de Pitot 705, 706
Tubulaire. — Association et réactions mutuelles d'une Tubulaire et d'une Eponge. 467
Tumeur. — Effet de l'osmose électrique sur les tumeurs cancéreuses 600
— Pseudo-tumeurs provoquées par les injections d'huile de vaseline dans les tissus 602
Tunisiens. — Etude anthropométrique de 136 Tunisiens indigènes. 92
Typhus. — Prévention du typhus exanthématique . . 508
Tyrosine. — Dosage de la tyrosine dans les protéiques de la levure. 506

U

Ultraviolet. — Dispositif spectrographique pour l'étude de l'ultraviolet extrême. 92
Unités. — Unités électriques 257
Universités. — Les Universités et le baccalauréat . 199
— Une Université du travail 332
Urée. — Le dosage de l'urée dans le sang 393, 507
— Transformation de l'ammoniaque en urée 799
Urine. — La toxicité urinaire et ses modifications par les injections hypodermiques d'oxygène 26
— Dosage de l'azote total de l'urine 799
Usine. — Organisation rationnelle d'une usine . . . 798

V

Vaccine. — De l'inoculation intra-cérébrale de la vaccine 326
Vaccins. — Emploi de la formaldéhyde pour la préparation des vaccins inanimés 602
Vagues. — La hauteur des vagues de la mer 229
Vallée. — Différences thermiques de l'ubac à l'adret d'une vallée lacustre 91
Variance. — De la variance et des moyens d'en présumer la valeur sans l'aide d'aucune formule . . 465
Végétation. — Les périodes critiques de la végétation et les phénomènes météorologiques 64
Végétaux. — Action du chlore et de diverses vapeurs sur les végétaux 161
— Changements expérimentaux des formes végétales. 465
Venin. — Action du venin des Hyménoptères prédateurs. 63
— De l'utilisation des venins en technique physiologique 236
Vent. — Sur la vitesse du vent dans la stratosphère . 26
— Influence du vent sur le vol des Insectes 299
Verre. — Altération des flacons de verre employés dans les laboratoires 295
— Sur un cas remarquable d'altération d'un verre d'optique 427
Vésicants. — Lésions cutanées déterminées par certains composés vésicants. 467
Vibrations. — Transmission de l'énergie par les v. de l'eau 642, 737
Viscères. — Examen des viscères par les rayons X . 471
Viscosités. — Les viscosités et les compressibilités des liquides sous une haute pression 394
— La viscosité des solutions colloïdales 465
Vision. — The physiology of vision, with special reference to colour blindness 421
— Contribution à la physiologie de la vision . . . 596
Vitamines. — Recherches sur les vitamines . . 263, 292, 392, 398, 555, 600
Vol. — Etude du vol à voile 124, 261
— Sur l'altitude du vol qui correspond au minimum de consommation kilométrique. 192
— Quelques considérations sur les vols aux très grandes altitudes et sur l'emploi du turbo-compresseur. 260
— Influence du vent sur le vol des Insectes 299
Volcans. — Les « lahars » des volcans javanais . . . 168
— Eruption du volcan Karthala (Comore) 552
Volonté. — Inhibition et volonté 649
Volume. — Le volume moléculaire des composés organiques liquides 97
Volumétrie. — Nouv. méthode de V. physiochimique. 706
Vorticelle. — Le mouvement des Vorticelles 771

X

Xanthates. — Sur les xanthates de cobalt et de nickel. 295

Z

Zinc. — Réactions de la métallurgie du zinc 260
— Le zinc dans l'organisme humain 291
— Recovery of zinc from low-grade and complex ores . 463
— Le zinc dans l'organisme du cheval 707
Zona. — Origine commune de la varicelle et de certains zonas 554
Zoologie. — Traité de Zoologie des Invertébrés . . . 797
Zuiderzée. — Le desséchement du Zuiderzée 4
Zymase. — Etude de la zymase de la levure 603

TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS[1]

A

Abelous (J. E.), 194, 231, 324, 325.
Aboulenc (J.), 389.
Abraham (H.), 29.
Abrami (P.), 554, 599, 600.
Achard (Ch.), 27, 93, 801.
Adhémar (R. d'), 419, **513** à **519**, 734.
Alglave, 602.
Alilaire (E.), 602.
Allain-Lecanu (J.), 323.
Aloy (J.), 324.
Amar (J.), 162, 506, 602.
Ammann (P.), 425.
Ancel (P.), 392.
Andrade (J.), 390, 641.
André (Emile), 797.
André (G.), 61.
Anglès d'Auriac (L[1]-C[1]), 384.
Anten (J.), 328.
Anthony (R.), 25, 192, 464, **582** à **594**, 601, 703, 704.
Antonesco (P.), **374** à **380**.
Antonius (H. O.), 772.
Arago (Vice-amiral), **169** à **177**.
Arber (Mlle A.), 31.
Ardern (E.), 264.
Ardin-Delteil, 291.
Argaud (R.), 426, 708.
Ariès (E.), 25, 291, 641.
Arloing (F.), 28, 801.
Armand-Delille (P. F.), 506, 771.
Armstrong (E. F.), 128, 508, 676.
Arnaud (G.), 92, 554.
Aronson (J. D.), 603.
Arsonval (A. d'), 229.
Arthus (Maurice), 24, 322.
Aston (F. W.), 676.
Astre (G.), 706.
Athanasiu (J.), 231, **357** à **361**, **714** à **718**.
Aubel (E.), 324, 641.
Audant, 505.
Audrain (J.), 503.
Audubert (R.), 230, 293, 294.
Auger (V.), 324, 555.
Aumiot (J.), 64, 803.
Ausset (E.), 801.
Azambuja (d'), 641.
Azzi (Dr), 64.

B

Babbet (J.), 739.
Bach (A.), 770.
Bachelier (P.), 802.
Backer (H. J.), 96.
Baillaud (Jules), 702.
Bailliart, 393.
Bailly (Oct.), 389.
Bairsto (G. E.), 127.
Bairstow (L.), 232.
Baker (T. Y.), 295.
Baldet (F.), 260.
Balthazard (V.), 163, 164.
Banerji (B.), 295.
Banu (G.), 325.
Barbary (F.), 27, 771.
Barbé (G.), 87.
Barbillion (L.), 465, 640.
Bardier (E.), 126, 292.
Barlot (J.), 229, 737.
Barratt (S.), 676.
Barriol (A.), 257.
Barthélemy, 325.
Barton (R.), 164.
Bary (P.), 465, 641.
Bass (A.), 708.
Bateson (W.), 263.
Bathelier (J.), 800.
Battestini (F.), 391.
Baudouin (M.), 323, 800.
Bayeux (R.), 25.
Bayle (Edmond), **519** à **523**.
Bayliss (W. M.), 24, 160, 296.
Bazy (L.), 466.
Beau (Cl.), 706.
de Beauchamp (P.), **781** à **783**.
Beaulard de Lenaizan (F.), 741.
Beauvais (P.), 188.
Beauverie (J.), 59, 289, 560, 768.
Beeger (N. G. W. H.), 96.
Belehradek (J.), 771.
Belot (Em.), 193, 505.
Bemmelen (J. F. van), 96, 396.
Benedict (H. Y.), 765.
Bennett (A. G.), 676.
Benoist (Charles), 290.
Bérard (L.), 325.
Béréhare (A.), 672.
Bergengren (J.), 705.
Berger, 740.
Berger (A.), **79** à **86**.
Berger (Ernest), 504, 552.
Berger (L.), 419.
Berget (A.), 548.
Berinsohn (H. W.), 96.
Bernard (Léon), 62, 426, 554, 708.
Bertiaux (L.), 160.
Bertin (L.), 390, 739.
Bertrand (G.), 27, 125, 261, 426, 467, 554, 707, 770.
Bertrand (Léon), 25.
Bertrand (Paul), 89, 125, 324, 424.
Besredka (A.), 325, 426, 506.
Besson (L.), 61, 125, 193, 261, 706.
Bétancès (L. M.), 601.
Bezssonoff (H.), 124, 424.
Bezssonoff (N.), 600.
Bianchi (L.), 161.
Bidault (C.), 555.
Bierry (H.), 392, 467, 507.
Bigourdan (G.), 599, 705.
Bijvoet (J. M.), 740.
Binet (L.), 263, 597, 674.
Biot (R.), 28.
Biquard (R.), 769.
Birkeland (R.), 800.
Bjerknes (V.), 193, 230.
Blackman (F. F.), 395.
Blaise (E. E.), 425, 552.
Blanc (G.), 229, 232, 326.
Blanc (J.), 740.
Blaringhem (L.), 58, 229, 424, 507, 599, 603, 801.
Bloch (E.), 29, 92, 125, 159, 257, 383, 465, 636, 766.
Bloch (L.), 29, 92, 125, 465, 548.
Blondel (A.), 26, 61, 324, 389, 601, 642.
Blondel (H.), 193.
Blount (B.), 766.
Boccardi (J.), 161.
Bockwinkel (H. B. A.), 96.
Boer (J. H. de), 740.
Boer (S. de), 772.
Boeseken (J.), 95, 804.
Bogoslovsky (G.), 393.
Bohn (G.), 799.
Boigey, 427.
Boinet, 62.
Boiteux (R.), 393.
Bongrand (J. Ch.), 389, 394, 738.
Bonhomme (J.), 158.
Bonnet (P.), 424, 506, 737.
Bonnier (G.), 25, 465.
Boquet (A.), 507.
Bordage (Edm.), 638.
Bordas (F.), 26, 229.
Bordeaux (Louis), 597.
Bordier (H.), 62.
Bosler (Jean), 225, 607.
Bossan (E. A.), 63.
Bothézat (Georges de), 331.
Bottomley (W. B.), 31.
Bouchonnet (A.), 258.
Boudier (E.), 262.
Bougault (J.), 391, 427, 465, 552, 602.
Boulanger (A.), 23, 548.
Boulanger (H.), 226.
Boule (Marcellin), 189.
Boulenger (G. A.), 124, 323, 425.
Boulin (Ch.), 161, 193, 261.
Boulvin (J.), 124.
Bourcard (J.), 27, 125.
Bourguel, 505.
Bourion (F.), 425.
Bournigault (A.), 261.
Bourquelot (Em.), 192, 229, 506, 552, **745** à **752**.
Boutan (L.), 323.
Boutaric (A.), 88, 391.
Bouthillon (L.), 257.
Boutroux (L.), 793.
Bouttier, 426, 770.
Bouvier (E. L.), **110** à **118**, **155** à **162**.
Bouvier (P.), 504.
Bouygues (H.), 324, 769.
Boyer (Jacques), 191, 398.
Braesco (P.), 61.
Braly (Ad.), 229.
Bramson (J.), 396.
Bratiano (V. I.), **342** à **348**.
Brazier (C. E.), 193.
Breinl (A.), 32.
Breton (J. L.), 800.
Bridel (M.), 192, 229, 263, 552.
Brierley (W. B.), 428.
Briggs (G. E.), 395.
Brillouin (Léon), 124.
Brillouin (Marcel), 799.
Brinkman (R.), 96.
Briot (F.), 95.
Brock (A. J. P. van den), 328.
Brocke (Mlle C. van den), 396.
Brocq (P.), 263.
Brocq-Rousseu, 27, 125, 506.
Brodin (P.), 160, 392.
Broglie (L. de), 193.
Broglie (M. de), 389, 393, 424, 705.
Bronckart (Fernand), **5** à **17**.
Broquet (Ch.), 126.
Brouwer (H. A.), 396, 640.
Brouwer (L. E. J.), 95, 96.
Bruhat (G.), 94, 391.
Brulé (M.), 263.
Brumpt (E.), 27.
Brunet (Louis), 90, 551, 636, 795.
Brylinski (E.), 323.

1. Les noms imprimés en **caractères gras** sont ceux des auteurs des articles originaux. Les **chiffres gras** reportent à ces articles.

Buchner (E. H.), 95.
Bucquoy (J.), 602.
Bugnon (P.), 229, 391, 706.
Buguet (E.), 708.
Buhl (A.), 737.
Bull (L.), 28.
Burger (H. C.), 95, 740, 772, 804.
Burgers (J.-M.), 804.
Burnham (T. H.), 428.
Burson (V.), 641, 675.
Busquet (H.), 467, 507.
Butterworth (S.), 128.
Buttgenbach (H.), 385.
Buyse (Omer), 322.

C

Cabannes (J.), 738.
Caillas (A.), 193.
Calhoun (J. W.), 765.
Callan (T.), 164, 328.
Cambier (R.), 230, 553.
Cambon (Victor), 798.
Camichel (C.), 642, 737.
Campbell (J. M. H.), 195.
Campbell (Norman Robert), 383.
Camus (L.), 602.
Canac (F.), 61, 124, 161.
Canals (E.), 642.
Cannon (H. G.), 644.
Cantacuzène (Dᵉ J.), **353** à **356**, 801.
Cardot (H.), 93, 326, 392.
Carles (P.), 26.
Carnot (Adolphe), 504.
Carnot (P.), 393, 603.
Carnot (R.), 423.
Carrière (L.), 62.
Carrière (Z.), **401** à **409**.
Cartan (E.), 286, 789.
Carvallo (J.), 390, 771.
Casalonga (D.), 595.
Caspar (Mlle Ch.), 555.
Castan (P.), 599.
Castel, 555.
Caullery (M.), 27, 706.
Cayeux (L.), 391, 467, 504.
Cerfbeer de Medelsheim (G.), 191.
Cerighelli (R.), 675.
Césari (E.), 325.
Césari (H.), 707.
Césaro (G.), 803.
Chabas (A.), 506.
Chabrié (C.), 288.
Chaine (J.), **250** à **255**, 260, **281** à **285**, 324.
Champy (Ch.), 467.
Charpy (G.), 125.
Chatton (Ed.), 162, 552, 598.
Chaudron (G.), 91.
Chauffard (A.), 325.
Chauvenet, 738.
Chauvierre (Marc), 467.
Chavigny (P.), 798.
Chéneveau (Ch.), 230, 293, 294, 794.
Chevallier (A.), 28, 642, 799.
Chevallier (H.), 703.
Chevenard (P.), 504, 553
Chevrotier (J.), 707.
Chifflot (F.), 600.
Chodat (R.), 124.
Chopin (M.), 738.
Chree (C.), 644.
Chutro, 392.
Ciamician (G.), 161, 739.
Cittert (P. H. van), 740, 804.
Clairet, 394.
Classen (Alex.), 320.
Claude (G.), 91, 287.
Clerc (A.), 28.
Clerc (L. P.), 187.
Clerget (Pierre), 4, 36, 69, **217** à **224**, 259, 268, 290, 300, 336, 388, 400, 423, 431, 464, 503.
Clermont (D.), 326.
Coffignier (Ch.), 63.
Cofman (V.), 63.
Cohen (Ernst), 328, 396.
Colani (Mlle M.), 795.
Colin (H.), 123, 601.
Collet (Mlle P.), 465, 504.
Colomer (F.), 57.
Comandon (J.), 28, 555.
Compin, 295.
Conseil (E.), 93, 508, 738.
Coops (J.) 804.
Copaux (H.), 705.
Cornubert (R.), **45** à **56**, 230, 324, **442** à **455**.
Costa (S.), 602.
Coster (D.), 96.
Cotton (A.), 427.
Coulon (A. de), 127.
Coupin (H.), 91, 162, 231, 389, 675.
Courmont (P.), 61, 390.
Cournot (J.), 598.
Courtoy (F.), 502.
Couturier (G.), 555.
Crauw (Th. de), 95.
Crespin, 262, 739.
Crombez (R.), 328, 395.
Crouzon, 426, 770.
Croze (F.), 320.
Cuénod (A.), 229.
Curchod (A.), 257.
Curtis (Mlle K. M.), 556.
Cuthbertson (Mlle M.), 394.
Cuthbertson (C.), 394.

D

Dalby (W. E.), 556.
Dam (Mlle E. van), 96.
Damiens (A.), 737, 769.
Damour (Em.), 505.
Dangeard (P. A.), 125, 163, 231, 554.
Dangeard (Pierre), 799.
Daniel (L.), 124, 425, 504, 800.
Danjon (A.), 737, 769.
Dantan (J. L.), 194, 642, 707.
Danysz (Mme St.), 601.
Danysz (J.), 601.
Dareste de la Chavanne (J.), 601.
Darier (G.), 426.
Darmois (E.), 601, 770.
Dassonville, 27.
Dautrebande (L.), 508.
Dauvillier (A.), 705, 706.
Davidson (C.), 31.
Davies (Mlle A. C.), 128, 232, 676.
Davis (A. A.), 428.
Davy de Virville (Ad.), 389.
Daynes (H. A.), 428.
Debierne (A.), 158, 226.
Debré (R.), 508, 708.
Dechambre (E.), 95.
Dechambre (P.) 64, 123.
Deelman (H. T.), 328.
Dehalu, 804.
Dehorne (A.), 598.
Dejean (P.), 737.
Delaby (R.), 468.
Delacre (M.), 549.
Delage (Y.), 163, 705.
Delava (P.), 804.
Delépine (M.), 31, 94, 295, 465, 468, 552.
Delorme (Ed.), 27.
Delphy (J.), 259, 551.
Delsol (E.), 292.
Demangeon (A.), 503.
Demolis (E.), 381.
Demons (A.), 554.
Demoulin (A.), 804.
Demoussy (E.), 62, 94, 123, 162, 506, 553, 599.
Denigès (Georges), 188, 324, 598, 705, 736, 737.
Denizot (G.), 161, 194.
Denjoy (A.), 772.
Depéret (Ch.), 91, 599, 601.
Deprez (Marcel), 420.
Deroux (E.), 63.
Derrieu, 291.
Descolas, 389.
Descours-Desacres, 94.
Desgrez (A.), 392, 598, 708.
Deslandres (H.), 26, 641.
Desmarets (M.), 57, 58, 88, 123, **146** à **147**, 160, 191, 258, 288, 319, 385, 463, 503.
Deumens (Alph.), 804.
Devaux (H.), 324.
Dévé (Ch.), 706.
Dévé (F.), 262.
Dévédec (P.), 789.
Devilliers (René), 381.
Dewar (Sir J.), 193.
Dhar (N. R.), 26, 61, 328, 740, 804.
Dickson (L. E.), 390.
Diehl (Ch.), 59.
Diénert (F.), 231, 291, 387.
Ditisheim (P.), 601.
Dixey (F. A.), **18** à **22**.
Djermanovitch (M.), 771.
Dobbie (Sir J.), 643.
Doelter (C.), 673.
Dollfus (G. F.), 707.
Donder (Th. de), 328, 804.
Dongier (R.), 599.
Dornier (O.), 193, 598.
Doublet (E.), **561** à **564**.
Douglas (C. G.), 195.
Doumer (E.), 93, 801.
Douris (R.), 94, 192.
Douvillé (H.), 25, 324.
Doyon (M.), 323, 507.
Dragoiu (J.), 600.
Dreyfus (L.), 163.
Drouin (H.), 262.
Druesne (R.), 126.
Drzewina (Mme A.), 799.
Duarte d'Oliveira (J.), 194.
Dubois (Eug.), 740.
Dubois (E.), 328.
Dubois (G.), 261.
Dubosque (J.), 702.
Dubreuil (L.), 707.
Dubreuilh (W.), 325.
Dubrisay (R.), 295, 505, 706.
Dubsky (J. V.), 96.
Ducellier, 802.
Duclaux (J.), 801.
Ducloux (E. Herrero), 321, 505.
Dufestel (L.), 386.
Duffield (W. G.), 428.
Dufour (A.), 28.
Dufour (Marcel), 423, 597, 639, **784** à **788**.
Dufraisse (Ch.), 60, 94, 294, 427, 738, 770, 800.
Dufrénoy (J.), 552, **727** à **732**, 739.
Dufton (A. F.), 428.
Dugit (M.), 465, 640.
Duhamel (B. G.), 231, 262, 426.
Dumas (J.), 28, 740.
Dunoyer (L.), 230, 468.
Duparc (L.), 769.
Du Pasquier (L. Gustave), 256.
Duval, 94.
Dyson (Sir F. W.), 31.

E

Eccles (W. H.), 232.
Eddington (A. S.), 31.
Edridge-Green (F. W.), 421.
Eerland (L.), 396.
Ehrenfest (P.), 96.
Emberger (L.), 124, 163, 600, 707.
Engelen (G. Van), 130.
Eriksson (J.), 767.
Errera (A.), 395.
Escard (Jean), 159, 502.
Etienne (I. G.), 126.
Etienne (P.), 325.
Eydoux (D.), 737.
Eykman (J.), 793.

F

Fahrenwald (A. W.), 122.
Fallot (P.), 552.
Fallou (J.), 425.
Fano (G.), **619** à **655**.
Faroy (G.), 508.

Farr (C. C.), 296.
Faure (Ch.), 392.
Fauré-Frémiet (E.), 63, 424, 425, 467, 505, 600.
Favre (G.), 769.
Favre (M.), 263, 426.
Félix (Charles), 713.
Félix (Jean), 713.
Fernbach (A.), 230, 602.
Ferrouillat (P.), 64.
Feytaud (J.), 424, 598, 641.
Fiessinger (N.), 163.
Filon (G.), 295.
Flament (L.), 62.
Fleming (J. A.), 383.
Fleury (Ch.), 319.
Fleury (M. de), 27.
Fleury (Paul), 295, 770.
Fleury (R. de), 463.
Florand (Dr A.), 768.
Florentin (D.), 26, 31, **237** à **250**.
Flores (P.), 507.
Foch (A.), 733, 737.
Foex (Et.), 425.
Follet (A.), 506.
Fondard, 803.
Fontviolant (B. de), 87, 161.
Forcrand (R. de), 226.
Forestier, 603.
Fosse (R.), 640, 705, 707.
Fouassier (M.), 61.
Fouché (Ed.), 25.
Fourmarier (P.), 328, 804.
Fourneau (E.), 394, 555.
Fournier (F. E.), 193, 675.
Fourniols (M.), **112** à **121**, **269** à **280**.
Fowler (R. H.), 232.
Fox (J. J.), 643.
Fraipont (Ch.), 804.
França (C.), 777.
François (Dr M.), 768.
Fréchet (M.), 199.
Fréjacques (M.), 799.
Frémont (Ch.), 192, 230, 261, 390, 601.
Fried (B.), 739, 771.
Friedel (G.), 25, 26.
Fritel (P. H.), 770.
Frouin (A.), 126, 292, 426, 467, 507.

G

Gages (Général), 502.
Gaillard (Gaston), 194.
Gaillard (L.), 27.
Gaillot (M.), 95.
Gain (André), 91.
Gain (Edm.), 64, 95, 123, 803.
Galippe (V.), 125, 261, 707.
Gallaud, 552.
Gallier (A.), 123.
Galliot (Dr), 736, 768.
Garban (H.), 263.
Garibaldi (A.), 63.
Garreau, 553.
Gascard (Albert), 291, 425.
Gascouin (Général), 319.
Gasnier (M.), 424.
Gaté (J.), 164.
Gates (R. R.), 428.
Gauducheau (A.), 740.
Gault (H.), 465, 640.
Gaumann (E.), 674.
Gauthier (A.), 600.
Gauthier (Mlle M.), 61.
Gautier (A.), 602.
Gautier (Ch.), 425.
Gautier (Cl.), 28, 63.
Gautier (E. F.), 464.
Gautiez, 506.
Geiger (H.), 158.
Genillon (L.), 2.
Georges (H.), 162.
Georges-Gaulis (Berthe), 259.
Gérard (P.), 603.
Gessard (C.), 640.
Giaja (J.), 771, 801.
Giaya (S.), 291.
Gibbs (W.), 420.
Gillis (J.), 328.
Girard (P.), 261, 262, 600.
Giraud (G.), 93, 127, 262, 739.
Girault, 291.
Girault (A.), 64.
Girousse, 261.
Glangeaud (Ph.), 27, 291.
Glénard (F.), 426.
Gley (E.), 321.
Godchot (M.), 552, 736.
Godeaux (L.), 328.
Godon (F. de), 125, 192.
Goiffon, 507.
Goldenberg (L.), 771.
Goldsmith (M.), 711.
Goris (A.), 504.
Gosset, 325.
Goudriann (F.), 95.
Gouin (André), 64.
Gouineau, 505.
Gouy (G.), 229.
Gramont (A. de), 60, 389, 596, 703.
Grandchamp (L.), 390.
Granel (F.), 63, 555.
Grard (C.), 596, 703.
Gray (J.), 195.
Gregorio Rocasolano (A. de), 504.
Gregory (J. W.), 555.
Grenet (F.), 640.
Grenet (H.), 262.
Grey (E. C.), 643.
Griffon du Bellay, 92.
Groot (H.), 96.
Groot (J.), 396.
Gros (F.), 260.
Grounds (A.), 327.
Gruat (E.), 426.
Gruzewska (Mme Z.), 62, 192.
Grynfeltt (E.), 62.
Guerbet (M.), 552.
Guérin (P.), 161.
Guérithault (B.), 598.
Guieysse (B.), 424, 466, 467, 505, 642.
Guignard (Léon), 26.
Guilbert (G.), 465.
Guillain, 262, 771.
Guillaume (Ch. Ed.), 466, 505, 553, 800.
Guillaume (Edouard), **200** à **210**.
Guillemet (A.), **313** à **319**.
Guillet (L.), 162, 424, **432** à **441**, **473** à **487**, **523** à **547**, **564** à **581**, 598, **611** à **620**.
Guilliermond (A.), 28, 91, 194, 231, 425, 600, 800.
Guyénot (Em.), 507.
Guyon (F.), 599, 602.
Guyon (L.), 62.
Guyot (J.), 125, 192, 230.

H

Haalmeyer (B. P.), 96.
Hackspill (L.), 164.
Haeften (F. E. van), 328.
Haller (A. J.), 230, 324, 598.
Hamburger (H. J.), 96.
Hamy (Maur.), 390, 706.
Harris (J. J.), 32.
Harst (P. A. van der), 95.
Hartmann (H.), 392, 554.
Hartree (D. R.), 232.
Hartree (W.), 644.
Harvier (P.), 253, 292, 393, 642.
Hayem (G.), 325, 770.
Heath (Sir Th.), 765.
Hédon (E.), 262, 739.
Heirman (Ed.), 381.
Helten (W. M. van), 89.
Hemsalech (G. A.), 60.
Henderson (J. A. R.), 164, 328.
Henning (A.), 196.
Henri (Victor), 122.
Henriot (E.), 328, 804.
Henry (M.), 707.
Hérelle (F. d'), 61, 126, 231, 739.
Hérissey (H.), 506.
Hérouard (Edg.), 124.
Herrera (A. L.), 506.
Hervieux (Ch.), 28.
Heurn (F. C. van), 89.
Heymans (J. Y.), 770.
Hilditch (T. P.), 128, 508, 676.
Hildt (E.), 504.
Hill (A. V.), 644.
Hilliar (H. W.), 508.
Hirschauer (L.), 122.
Hobson (G. F.), 195.
Hoenen (P. H. J.), 96.
Hogben (L. T.), 263, 643.
Hogewind (F.), 96.
Hollande (A. Ch.), 63, 164, 392, 393, 426.
Hollander (A. J. den), 328.
Hollard (A.), 160, 189, 287, 502.
Holst (G.), 740.
Holweck, 393, 738.
Horton (F.), 128, 232, 676.
Houdard, 92.
Houssay (Frédéric), 639.
Hovasse (K.), 391.
Howard (J. W.), 739.
Howe (G. W.), 128.
Hruska (Ch.), 708.
Hubert (H.), 229, 505, 598.
Humbert (P.), 60.
Humery (R.), 798.
Hyde (J. H.), 394.
Hymans (A. A. v. d. Bergh), 328.

I

Iancovesco (N.), 554, 599, 600.
Ichok (G.), 771, 801.
Idrac (P.), 124, 552.
Ihle (W.), 740.
Imbeaux (Ed.), 799.
Imbert, 262.
Insabato (Dr Enrico), 388.
Izart (J.), 381.

J

Jaccard (Paul), 288.
Jacobson (J.), 231, 326, 740.
Jaeger (F. M.), 740, 772.
Janet (Mlle M.), 507, 799.
Janet (Pierre), 227.
Jarry-Desloges (R.), 504, 600.
Jeans (J. H.), 501.
Jeantet (P.), 801.
Jeffreys (H.), 644.
Job (P.), 230, 261, 738.
Joleaud (L.), 191, 258, 260, **487** à **500**, 736, 797.
Jolibois (P.), 25, 504.
Jolly (J.), 127, 507, 643.
Joltrain (E.), 640.
Jonnesco (Th.), 708.
Jorissen (A. M.), 328.
Jouaust (R.), 383, 549.
Joubin (L.), 703, 799.
Jouguet (E.), 553, 641, 737.
Joulot (A.), 798.
Julin (Ch.), 769.
Julius (W. H.), 740.
Jumau (L.), 159.
Jumelle (H.), 769, 803.

K

Kabéshima (T.), 61, 194
Kalff (J.), 95.
Kapteyn (W.), 328.
Karpinski (L. C.), 765.
Karssen (A.), 740.
Kas (V.), 707.
Kayser (E.), 770.
Kepinow (L.), 603.
Kerekjarto (B. von), 96, 328.
Kerforne (F.), 91, 705.
Kikuchi (T.), 676.
Kilian (W.), 162, 552, 737, 769.
Kingdon (K. H.), 675.
Kleyn (A. de), 95, 96, 396, 804.
Kling (A.), 26, 31, 390, 636.

Kluyver (J. C.), 96.
Knapp (A. W.), 296.
Kohn-Abrest (E.), 26.
Kolkmeyer (H.), 396, 740.
Kopaczewski (W.), 62, 466, 467, 507.
Korczynski (A.), 598.
Korentschevsky (V.), 393.
Koster (W.), 772.
Kramers (H. A.), 804.
Krempf (A.), 62, 260, 291, 324, 598.
Ktenas (C. A.), 231.
Kunstler (J.), 640.

L

Laar (J. J. van), 740, 772.
La Bastide (G. L. C.), 95.
Labbé (H.), 507.
Labbé (M.), 292.
Laborde, 394.
Laboureur (M.), 463.
Labrousse (J.), 99, 332, 384.
Labruyère (R.), 463.
Lacoste (A.), 163.
Lacroix (A.), 60, 230, 291, 385, 552, 641, 642, 705.
Ladreyt (F.), 467, 506.
Lafore, 94.
Lamarque (R.), 163.
Lambert (Mlle M.), 164.
Lambling (Emile), 420.
Landrieu (Ph), 466, 800.
Lange (A.), 159, 188, 420, 673, 703.
Langevin (Paul), 194, 293.
Langlois (J.-P.), 59, 322, **337** à **338**, 386, 421, 464, 503, 597.
Langlois (M. G.), 88.
Lanquine (A.), 25.
Lapicque (Louis), 27, 506.
Lapicque (Mme L.), 555.
Laplaud, 803.
La Porte (F.), 92, 124.
Lapparent (J. de), 738.
Larmor (Sir J.), 229.
Laroche (Guy), 597.
La Rosa, 466.
Lassieur (A.), 31, 390.
Lassus (J. de), 769.
Laubeuf (M.), 230, 641.
Laudat (M.), 393.
Lauder Brunton (Sir), 464.
Laugier (H.), 93, 326, 392.
Laumonier (J.), 597.
Launay (L. de), 506.
Launoy (L.), 194, 555.
Lebailly (Ch.), 602, 675, 800.
Lebedeff (N. J.), 60.
Lebeuf (A.), 502, 635, 733.
Leblanc (E.), 163.
Lécaillon, 389.
Lecat (Maurice), 90.
Lecène (P.), 427.
Le Chatelier (François), 707.
Le Chatelier (H.), 800.
Leclerc du Sablon, 125.
Lecocq (Eugène), 384.
Lecocq (Louis), 384.
Lecointre-Patin (R. et J.), 387.
Lecomte (H.), 231, 675.
Lecornu (L.), 769.
Le Danois (Ed.), 799.
Ledebt (Mlle S.), 126.
Lees (C. H.), 264.
Le Fèvre de Arric, 28, 292.
Le Gendre (F.), 797.
Legendre (J.), 231, 391.
Legendre (R.), 386.
Léger (L.), 92.
Legrand (L.), 548.
Legroux (R.), 291.
Le Heux (J. W.), 96.
Lemarchands (M.), 260.
Lemoigne, 61, 262.
Lemoine (G. H.), 426.
Lepape (A.), 164, 707, 770.
Lépine (J.), 506.
Leplat (G.), 804.
Le Prieur, 706.
Leredde (E.), 736.
Le Rolland (P.), 162.
Lesage (A.), 27.
Lesbre, 93.
Lespieau (R.), 384, 505, 553.
Lessing (R.), 196.
Letulle (M.), 261, 602.
Levaditi (C.), 263, 292, 325, 393, 640, 642.
Levasseur (Alb.), 159.
Lévy (Mlle), 295.
Lévy-Bruhl (M.), 194, 555.
Lévy-Salvador (P.), 382.
Lichtenstein (J. L.), 192.
Lignières (J.) 93.
Lindet (L.), 229.
Linossier (G.), 263.
Liouville (J.), 601.
Lipschutz (A.), 740.
Liversedge (J. F.), 296.
Llambias de Olivar (J.), 706.
Locard (Edmond), 704.
Loche (L. E.), 23.
Loeper (M.), 262, 508, 603.
Loewy (G.), 643.
Lohest (M.), 328.
Lohr (P. J.), 673.
Loisel (P.), 738.
Loisy (E. de), 60.
Loon (C. von), 95.
Lordier (Ch.), 57.
Lormand (Ch.), 161.
Loth (W. A.), 706.
Loubière (A.), 125.
Lowry (T. M.), 32.
Luce (E.), 468.
Lugeon (M.), 125, 675.
Lumière (Aug.) 93, **210** à **216**, 292, 600, 705, 707, 738.
Lumière (L.), 25, 769.
Lyon (D. A.), 57, 463.

M

Maas (J.), 90.
Mac-Auliffe (Léon), 92, **519** à **523**, 553, 642, 800.
Mac Bain (J. W.), 296.
Mac Carrison (R.), 32.
Mac Farlane (John Muirhead), 463.
Mackenzie (Sir James), 704.
Mac Lachlan (N. W.), 128, 395.
Macleod (D. B.), 296.
Macmahon (P.A.), 789.
Made (Mlle M. van der), 96, 596.
Magitot, 393.
Magne (H.), 292, 392, 425, 466, 467, 506.
Magniel, 262.
Magnus (R.), 95, 396, 804.
Magron (J.), 194, 643.
Mailhe (A.), 125, 192, 226, 258, 260, 390, 424, 599, **681** à **692**.
Maillard (C.), 384, 419, 634, 765, 789.
Makower (W.), 158.
Mallemann (R. de), 770.
Mallock (A.), 644.
Malvezin (Ph.), 390.
Mangenot (G.), 60, 91, 506.
Mansuy (P.), 795.
Maquenne (L.), 62, 94, 162, 506, 553, 599.
Marage, 390.
Marchal (Mlle G.), 92, 391.
Marchal (P.), 64.
Marchand (L.), 93.
Marchoux (E.), 392.
Marel (J. P. van der), 674.
Margoulis (W.), 799.
Marie (A.), 92, 325, 326, 553, 642, 800.
Marie (P.), 426, 554, 770.
Marie (P. L.), 506.
Marinesco (G.), 262, **366** à **373**, 466.
Marion, 737.
Marmier (Mlle J.), 790.
Marsh (S.), 232.
Martin (Geoffrey), 595.
Martin (L.), 392.
Martinet (J. F.), 23, 88, 193, 598.
Martin-Sans (E.), 292, 426.
Marty (P.), 675.
Mascart (J.), 733.
Masmejean (A.), 672.
Massart (J.), 803.
Masterman (E. W. G.), 289.
Mathieu (Paul), 638, 704.
Matignon (C.), 91, 92, 323, 391, 766, 799.
Matisse (Georges), 550.
Matruchot (L.), 164.
Mauguin (Ch.), 324.
Maunoury, 507.
Maurain (Ch.), 26.
Maurer (P.), 635.
May (Et.), 126.
Mayer (A.), 26, 390, 392, 424, 425, 466, 467, 505, 506, 553.
Mayer (Ch.), 288.
Mayot (L.), 601.
Mazeran (P.), 601.
Meek (C. F. U.), 195.
Mengel (O.), 229.
Mercier (L.), 162, 325, 769.
Merton (T. R.), 128, 508.
Mesnager (A.), 192, 706.
Mesnard (Eug.), 92.
Mesnard (J.), 291.
Mesnil (F.), 27, 706.
Mestrezat (W.), 325, 507, 799.
Metalnikoff (S.), 127, 392.
Meunier (Fernand), 396.
Meunier (J.), 466, 598.
Michaud (F.), 599.
Michel (Q.), 94.
Michelson (A.), 162, 552.
Mignonac (G.), 124, 164, 294 323, 394, 465, 468, 553, 706.
Mignot (R.), 194.
Mikhaïloff (S.), 603.
Minea (J.), **366** à **373**.
Minkowski (M.), 642.
Mirallié, 262.
Miramond de Laroquette, 554.
Mirande (R.), 91.
Moesveld (A. L. Th.), 328, 396.
Molengraaff (G. A. F.), 328, 772
Moleski, 26.
Molinari (E.), 794.
Moll (W. J. H.), 328.
Molliard (M.), 163, 323, 326.
Monaco (Albert de), 260.
Monnet (E.), 91.
Monnot, 94.
Montessus de Ballore (F. de), 636
Monziols, 555.
Moore (B.), 264, 296, 395.
Moore (H.), 327.
Morat (P.), 601.
Morax (V.), 261.
Moreau (F.), 465.
Moreau (R.), 602.
Morelli (Juan B.), 387.
Moreux (Abbé Th.), 382.
Morin (P.), 390.
Mougeot (A.), 194.
Moulan (Ph.), 789.
Moure, 262.
Moureu (Ch.), 60, 94, 124, 164, 294 389 394, 465, 468, **610** à **613**, 706, 770.
Mouriquand (G.), 94.
Mouton, 263.
Mozer (M.), 771.
Mrozinski (W.), 598.
Muguet (A.), 799.
Muller, 771.
Muller (P.), 328.
Muratet (Mlle), 64.
Muttelet (C. F.), 735.

N

Nageotte (J.), 62, 390, 505, 600.
Nanta, 194.
Nasta, 324.
Navarro J. (Manuel Ma. S.), 636.
Naville (A.), 507.
Nègre (F.), 188.

Nègre (L.), 507.
Négris (Ph.), 391, 707.
Némec (A.), 31, 707.
Nepveux, 507.
Netter (A.), 62, 125, 292, 554.
Neuville (H.), 326.
Newman, 128.
Nicolardot (P.), 63, 122, 159, 294, 321, 420, 463, 549.
Nicolas (E.), 164.
Nicolas (G.), 231.
Nicolle (Ch.), 93, 124, 229, 507, 508, 738.
Nicolle (M.), 325, 707.
Noguès (P.), 60.
Nolf (Dr P.), 804.
Nordmann (Ch.), 640, 642.
Normet (Dr), 261.
Nottin (P.), 552.
Noyes jr. (W. A.), 91.
Nugue (P.), 601.

O

Oddo (J.), 392.
Odin (G.), 800.
Oehlert (D. P.), 705.
Oldham (R. D.), 428.
Ollive (G.), 506.
Onnes (H. K.), 465.
Onslow (H.), 263.
Oordt (G. J. van), 740.
Oosterhuis (E.), 740.
Orekhoff (A.), 162, 640, 641.
Ornstein (L. S.), 95, 96, 740.
Osborn (Henri Fairfield), 736.
Osborne (W. A.), 32.
Osler (Sir William), 262.
Ottow (B.), 740.
Oulianoff (N.), 675.

P

Page, 555.
Paillot (A.), 291, 707.
Palmer (W. G.), 676.
Pamard (A.), 426.
Panisset (L.), 28.
Pannekoek (A.), 804.
Papaconstantinou (B.), 389, 391.
Paraf, 508.
Parenty (H.), 769.
Parhon (Mme M.) 163.
Passemard (E.), 800.
Pasteur Vallery-Radot, 92.
Patein (G.), 739.
Pauthenier, 61, 260, 505, 553.
Payen (E.), 259.
Pech (J. L.), 163, 262, 424.
Péchoutre (F.), 550.
Péju (G.), 28.
Pekelharing (C. A.), 674.
Pellegrin (J.), 92.
Pellew (Mlle C.), 263.
Pellissier (P.), 640.
Pérard (A.), 161.
Pereira de Souza (M.), 61.
Pérez (Ch.), 467, 554, 555.
Perkin (W. H.), 390.
Perot (A.), 324, 599.
Perrier (Lieutenant-Colonel G.), 188, 548, 702.
Perrier (J.), 391, 427, 465.
Perrin (F.), 705.
Perrin (Jean), 427.
Perrot (Em.), 600.
Petitet (A.), 798.
Petronievics (B.), **101** à **102**.
Peyron, 291.
Pézard (A.), 25, 800.
Pezzi (C.), 28.
Pfenninger (W.), 708.
Philips (Ch.), 705.
Phocas (Al. G.), 291.
Picard (Em.), 26.
Picard (F.), 258.
Picquenard (Ch.), 60.
Pictet (Amé), 590.
Piédallu (A.), 390.
Piédelièvre, 163.
Piéron (H.), 192, 391, **620** à **633**, **656** à **661**, 744.
Piettre (M.), 466, 602.
Piticariu (I.), 392.
Pittarelli (E.), 708.
Piutti (A.), 261.
Plantefol (L.), 392, 425, 466, 505, 506, 553.
Pluchet (E.), 64.
Plummer (H. C.), 634.
Pol (B. van der), 772.
Pomey (J.-B.), 734.
Porcher (Ch.), 323, 467, 554.
Portier (P.), 163, 231, 323, 392, 425, 467.
Posternak (S.), 323, 800.
Potin (L.), 87, 158, 382, 595, 672, 702, 735, 766, 790.
Pottier (J.), 163.
Pougnet (J.), 60, 294.
Poynting (J. H.), 766.
Pozerski (E.), 392, 426, 740.
Prakken (J. R.), 396.
Prenant (A.), 467.
Prétet, 389.
Procopiu (S.), 161, 466, 800.
Pron (L.), 325.
Prudhomme (Em.), 636.
Pussenot (Ch.), 27.

R

Rabaté, 64.
Rabut (Ch.), 162.
Radzitzky (I. de), 35.
Ralston (Oliver C.), 57, 463.
Raman (C. V.), 295.
Ramart (Mme), 394, 598.
Randoin (Mlle L.), 163.
Randoin-Fandard (Mme L.), 467.
Rano (S.), 739.
Rateau (A.), 161, 192, 260.
Rathery (F.), 426, 603, 674.
Ravaut (P.), 262.
Raveau (C.), 465.
Ravenna (C.), 739.
Razous (Paul), 57, 419.
Reboul (G.), 230, 468, 800.
Recasens, 392.
Recoura (A.), 25, 504.
Regard (G. L.), 638.
Regelsperger (Georges), 122.
Regelsperger (Gustave), 166, 227, 259, 385, 472, 560, 595, 609, 637, 713.
Regnault (E.), 126.
Reimen (P.), 258.
Remlinger (P.), 125, 164.
Rémy (L.), 396.
Renault (J.), 126, 426.
Rennesson, 193.
Rénon (L.), 194.
Retterer (Ed.), 28, 63, 93, 231, 262, 292, 326, 392, 603.
Revil (J.), **752** à **761**.
Rey (J.), 601.
Reynaud (Dr P.), 256.
Ribadeau-Dumas (H.), 797.
Richelot (M.), 27.
Ricome (H.), 465, 600, 707.
Riel (Ph.), 63.
Righi (Aug.), 192, 466.
Rigotard (M.), 648.
Ringelmann (M.), 64, 801.
Riquier (Ch.), 466.
Riwlin (Mlle R.), 740.
Robert (A.), 769.
Robin (Paul), 60, 294, 602.
Robin (A.), 261, 602.
Robinson (W.), 32.
Rocasolano (G. de), 601.
Rochaix (A.), 61, 390.
Roffo (A. H.), 466, 467, 600.
Roffo (Mme H. L.), 466.
Roger (H.), 740.
Rolet (Antonin), **718** à **727**.
Rolland (A.), 799.
Romieux, 124.
Rose (W. N.), 634.
Rosenblatt (Mme), 426, 467, 554.
Rothé (E.), 391.
Roubaud (E.), **301** à **313**, 505, 553.
Rouch (J.), 87, 229, 642, 738.
Rougier (G.), 737.
Rougier (Louis), 286.
Roule (L.), 774.
Rousseaux (Eug.), 675, 803.
Roussilhe (H.), 672.
Roux (Eugène), 735.
Russo (P.), 504.
Rutgers (A. A. L.), 89.
Rutgers (K. W.), 396.
Rutten (L.), 96.

S

Sabathé (L. G.), 708.
Sabatier (Paul), 735.
Saconney (J. Th.), 187.
Sagnac (G.), 260, 603.
Saillard (Em.), 61, 467.
Salmon (C. S.), 296.
Sanzin (M.), 598.
Sarkar (Benoy Kumar), 191.
Sartory (A.), 62, 93, 640.
Sauvageau (C.), 27, 549, 675, 705.
Schaefer (Sir Edw. A.), 704.
Schaumasse (A.), 599.
Scheffler (L.), 640.
Schloesing (A. Th.), 799.
Schlumberger (C.), 192.
Schmutz (R.), 31.
Schoen (E.), 230.
Schott (G. A.), 127.
Schouteden-Wéry (Mme J.), 803.
Schouten (J. A.), 95, 96, 157.
Schreinemakers (F. A. H.), 96, 328.
Schribaux, 95.
Schuh (Fred.), 95.
Schuster (Sir A.), 264.
Schut (Mlle L. W.), 772.
Schwendener, 466.
Sée (Dr Pierre), 23, 164.
Sellerio (A.), 466, 505.
Senderens (J. B.), 60, 389, 769.
Sergent (Em.), 392, 801.
Seroin (J.), 799.
Servais (J.), 195.
Seward (A. C.), 88.
Sheppard (W. F.), 644.
Sherrington (C. S.), 322.
Silberstein (L.), 23.
Simon (L. J.), 125, 161, 192, 193, 230, 261, 324.
Simonnet (H.), 801.
Sinnatt (F. S.), 264, 327.
Sirot, 675, 803.
Sitter (W. de), 95.
Slade (R. E.), 295.
Smit (M. J.), 95.
Smith (T.), 395.
Smits (A.), 95, 772.
Soddy (Fred.), 225.
Sohngen (N. L.), 96.
Sommelet (M.), 63.
Soubrier (Maurice), 88.
Souèges (R.), 599.
Soula (L. C.), 194, 231, 325.
Souques (A.), 602.
Souriau (Michel), 228.
Southcombe (J. E.), 327.
Sparre (M. de), 738.
Stafford (N.), 328.
Stanoiévitch (G. M.), 505.
Stapfer, 26.
Stefanescu (S.), 737.
Stefanopoulo (G. J.), 708.
Stiasny (G.), 772.
Stillmunkès, 426.
Stoklasa (J.), 466.
Storm van Leeuwen (W.), 96, 396, 772
Street (R. O.), 644.
Strohl (Jean), 608.
Struik (D. J.), 95, 96.
Surgis (E.), 92.
Swyngedauw (R.), 258, 384, 641.
Szarvady (G.), 257, 383.

T

Tanret (G.), 390, 394.
Termier (P.), 26, 706, 737, 769.
Théodoridès (Ph.), 707, 770.
Thévenot (L.), 801.
Thieulin (R.), 231, 262, 426, 740.
Thiroux (A.), 708.
Thomas (J. S.), 395.
Thomas (P.), 506.
Thompson (Sylvanus P.), 381.
Thompson (d'Arcy Wentworth), 637.
Tiffeneau (M.), 162, 295, 394, 640, 641.
Tilho (J.), 466.
Timmermans (J.), 328.
Tissier (H.), 127.
Tommasina (Th.), 770.
Tonnet (J.), 508, 603.
Toporescu (C.), 424, 601.
Toricés (E.), 257.
Torres Quevedo (L.), 504.
Touplain, 229.
Tournade (A.), 93, 127.
Tournay (A.), 553.
Toy (F. C.), 295.
Treadwell (F. P.), 88.
Treub (H.), 325.
Trévise (Y. de), 127.
Trillat (A.), 192, 600.
Troisier (Ch. E.), 27.
Truc, 262.
Truffaut (G.), 424, 600.
Tuffier (Th.), 62.
Turpain (Albert), 672.
Turrière (Em.), 320.
Tutton (A. E. H.), 643.
Tzitzeica (G.), **349** à **352**.

U

Urbain (A. J.), 675.
Urbain (G.), 26, 61, 261, 738.

V

Vaillant (P.), 707.
Valcovici (V.), 705.
Valeur (A.), 468.
Vallée (H.), 466.
Vallée Poussin (C. de la), 419.
Vallery (L.), 26.
Vallois (H. V.), 126, 291, 292, **582** à **591**, 704.
Vallot (J.), 230.
Valsan (G.), **338** à **342**.
Vandamme (G.), 769.
Vandel (A.), 92, 554.
Vandenberghe, 31.
Vanderlinden (H.), 395, 396, 804.
Vanuxem (P.), 798.
Vaquez (H.), 262.
Varendonck (J.), 387.
Varigny (H. de), 387.
Varlot (J. G.), 23.
Vayssière (A.), 323.
Vayssière (P.), 64.
Veblen (Oswald), 286.
Veil (Mlle S.), 323, **661** à **671**.
Verkade (P. E.), 96.
Vermorel, 64.
Verne (J.), 28, 507, 508.
Vernes (A.), 192.
Véronnet (Alex.), 23, 60, 158, 256, 505, 675.
Verschaffelt (J. E.), 395.
Versteegh (C. R. J.), 96.
Vialleton (L.), 555.
Vidal, 739.
Vielau (W.), 598.
Vignon (L.), 425.
Viguier (C.), 162.
Vila (A.), 466, 602.
Villavecchia (V.), 766.
Ville (L.), 94, 465, 468.
Villedieu (M. et Mme G.), 602, 707, 802.
Villey (Jean), 91, 261, 504, 601, **778** à **781**.
Vincens (F.), 739.
Vincent (J. H.), 232, 428.
Violle (H.), 164, 390, 708.
Violle (P.), 126.
Vischniac (Ch.), 467, 507.
Vivier de Streel (Mlle du), 600.
Vladesco (R.), **362** à **366**, 707.
Vlès (F.), 424, 425, 642, 675, 800.
Voigt (W.), 641.
Volmerange (A.), 261.
Vournuzos (A. C.), 424.
Vries (Mlle Eva de), 673.
Vries (Jan de), 96, 396.
Vuillemin (Paul), 24, **148** à **156**, **177** à **186**, 234, 260.

W

Waddell (J. A. L.), 553.
Waller (A. D.), 195.
Walser, 326.
Wanner (J.), 396.
Waterman (H. I.), 396.
Watrin (J.), 392.
Wauclin (Dr A.), 290, 387.
Weber (A.), 426, 602.
Weber (Max), 328.
Webster (T. A.), 296, 395.
Weevers (Th.), 740.
Weick (R.), 465, 640.
Weil, 262.
Weinberg, 324.
Weisgerber (H.), **692** à **701**.
Weiss (H.), 553.
Weiss (P.), 466.
Wells (H. M.), 327.
Welsch (J.), 675.
Wertheim Salomonson (I. K. A.), 772.
Wheatstone (Sir Charles), 596.
Whipple (F. J. W.), 127.
Whitley (E.), 395.
Widal (F.), 92, 554, 599, 600.
Willem (V.), 804.
Williams (A. M.), 127.
Willotte (H.), 798.
Wilson (C. T. R.), 556.
Wilson (H. A.), 508.
Wintrebert (P.), 323, 389, 555, 640, 708, 738, 771.
Witz (Aimé), **37** à **45**, 57, **70** à **79**, **102** à **112**, **133** à **145**, 382, 420, 502, 595, 672, 765.
Woerdeman (W.), 772.
Wolff (J.), 96, 772.
Wolff (L. K.), 96.
Woods (Henry), 258.
Worms (R.), 64.
Woude (W. van der), 804.
Wourtzel (Eug.), 26, 61, 92.
Wright (C. H.), 196.
Wurmser (R.), 506, 738.
Wyeth (J. F.), 296.

Y

Young (W. J.), 32, 286.
Yung (Em.), 797.

Z

Zeil (G.), 27, 161, 193, 554, 641.
Zenghelis (G.), 291, 389, 391, 598.
Zernicke (F.), 96.
Zeuthen, 161.
Zeydner (J.), 772.
Zoubkoff (Mme S.), 770.
Zwaardemaker (H.), 96.

Sté Gle d'Imp. et d'Edit., rue de la Bertauche, 1, Sens.

5 WHSE 02326